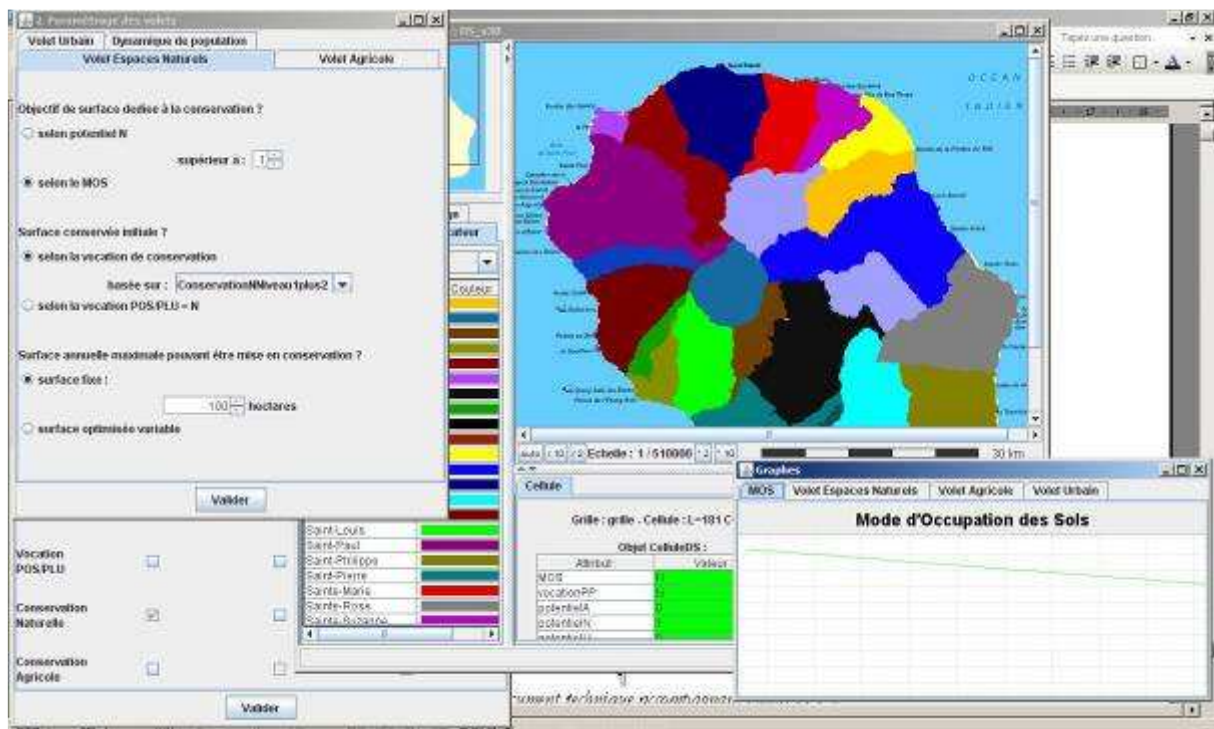


# Guide Utilisateur



*Aurélié Botta<sup>1</sup>, Daniel David<sup>2</sup>, Sébastien Manglou<sup>1</sup>, Nicolas Clavaud<sup>1</sup>, Denis Payet<sup>2</sup>*

*Décembre 2007*

<sup>1</sup> CIRAD, UR GREEN, Pôle REAGIR, Station La Bretagne, BP 20, 97408 Saint-Denis  
Messagerie Cedex 9 (contact : aurelie.botta@cirad.fr)

<sup>2</sup> Université de la Réunion, IREMA, 15, Avenue René Cassin, 97 715 Saint-Denis Messagerie Cedex 9

# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>4</b>
<b>I. Principes du modèle</b>	<b>4</b>
1. Objectif	4
2. Structure	5
3. Dynamique	5
4. Leviers pour la définition des scénarii	6
<b>II. Procédure d'utilisation du modèle</b>	<b>6</b>
1. Télécharger les fichiers nécessaires pour faire tourner DS	6
1.1. Les logiciels d'environnement JAVA	7
1.2. Les fichiers du modèle à proprement parler	7
2. Lancer l'application	7
3. Initialiser la simulation	8
3.1. Cartes d'entrées : Utilisation et définition	8
3.2. Définir le champs et la résolution spatiale	9
3.3. Définir les dynamiques intrinsèques de chaque volet et les interactions entre volets.	9
3.4. Créer les agents et objets de la simulation avec leur attributs	10
3.5. Choix des informations géographiques visualisées en cours de simulation	10
4. Lancer la simulation	11
5. Analyser les résultats de la simulation	12
<b>III. Limites d'utilisation du modèle</b>	<b>12</b>
<b>IV. Détails de la structure et des dynamiques du modèle</b>	<b>14</b>
1. Agents et Objets du modèle	16
1.1. Les cellules	16
1.2. Les parcelles	16
1.3. Les microrégions	19
1.4. La région	20
1.5. L'agent A :	20
1.6. L'agent N :	21
1.7. L'agent U :	22
2. Détail du modèle	24
2.1 Détail d'un pas de temps de simulation	24
2.2 Détail du couplage entre dynamique démographique et dynamique urbaine	25
<b>V. Détails des interfaces de paramétrage de scénario</b>	<b>26</b>
1. Interface : Choix du scénario	26
2. Interface : Paramétrage des dynamiques de chaque secteur	26
2.1. Secteur Espaces Naturels	26
2.2. Secteur Agricole	27
2.3. Secteur Urbain	28
2.4. Dynamique de population (associée à la dynamique du secteur urbain)	29
3. Interface : Interactions entre secteurs	30
3.1. Onglet Vocations :	30
3.2. Onglet MOS :	31
<b>VI. Les couches d'informations géographiques utilisées en entrée du modèle</b>	<b>33</b>
1. Liste des plans d'information	33

<b>2.</b>	<b>Détail de chaque plan</b>	<b>33</b>
2.1.	Limites administratives	34
2.2.	Mode d'occupation du sol	34
2.3.	Plan d'occupation du sol	35
2.4.	Informations sur le volet agricole	36
2.5.	Informations sur le volet naturel	37
2.6.	Information sur le volet urbain	38
2.7.	Informations sur la dynamique de population	40

# Introduction

L'outil DS a été construit dans le cadre du projet DOMINO piloté par le CIRAD en collaboration avec l'Université de la Réunion, le Comité de pilotage de la canne, l'Association pour la Promotion en milieu Rural et la Chambre d'Agriculture de la Réunion. C'est un outil prospectif traitant de l'affectation des terres à la Réunion. Il permet la mise en interaction des principaux secteurs d'activité occupant l'espace sur l'île avec la possibilité de construire différents scénarii.

Le modèle conceptuel, construit suivant une approche de modélisation participative au sein du projet, a été implémenté sous la plateforme de simulation agent GEAMAS-NG développée à l'IREMIA (Université de la Réunion).

Ce document technique n'est pas une documentation informatique, même s'il s'en approche sur certains points. Il a pour vocation de faire le point sur la construction et le fonctionnement du modèle implémenté DS auprès de ses co-constructeurs et utilisateurs éventuels.

## I. Principes du modèle

Notre description des dynamiques territoriales expliquant l'affectation des terres à la Réunion considère trois niveaux d'organisation (région, microrégion et parcelles) et trois grands secteurs d'activité occupant l'espace (les espaces naturels, agricoles, et urbains). Toute la logique du modèle est basée sur une approche spatiale des stratégies d'expansion de chacun de ces secteurs d'activité.

Le niveau communal, essentiel dans les processus d'affectation des terres, n'est considéré dans ce prototype qu'à travers la réglementation des POS et PLU, et ce directement au niveau des parcelles.

### 1. Objectif

Tester l'impact sur l'occupation des terres de scénarii tenant compte des interactions entre secteurs et des objectifs propres à chaque secteur :

- objectif du secteur Agricole :  
Atteindre une surface agricole donnée sur l'ensemble de l'île en transformant des parcelles en MOS Agricole (prioritairement les cellules de plus fort potentiel agricole);
- objectif du secteur Naturel :  
Atteindre une surface conservée donnée sur l'ensemble de l'île en affectant un statut d'aire protégée à des parcelles (prioritairement les parcelles de plus fort potentiel de biodiversité) ;
- objectif du secteur Urbain :  
Loger la population dans les espaces urbains en faisant éventuellement passer des parcelles en MOS Urbain (prioritairement les cellules de plus fort potentiel à l'urbanisation).

## 2. Structure

La structure informatique du modèle est basée sur les principes de conception agent. Le modèle distingue :

- 3 agents correspondent aux niveaux d'organisation qui gèrent notamment la dynamique démographique incluse dans le modèle :
  - o une région ;
  - o quatre microrégions ;
  - o des « parcelles »<sup>1</sup> (nombre variant selon la résolution spatiale choisie).
- des objets cellules correspondant à la localisation géographique des agents "parcelles".
- 3 agents qui gèrent l'affectation des terres à l'échelle de l'île en agissant directement sur les cellules du sol :
  - o un agent Agricole ;
  - o un agent Naturel ;
  - o un agent Urbain.

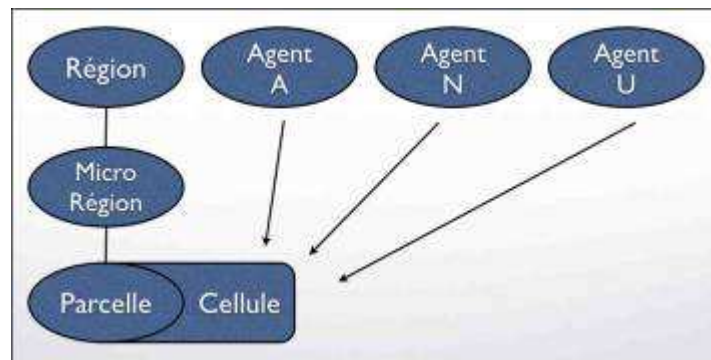


Figure 1 : Structure conceptuelle du modèle DS

## 3. Dynamique

Le pas de temps du modèle est annuel. Les dynamiques des secteurs naturel, agricole, et urbain agissent successivement sur l'environnement, le fonctionnement du secteur urbain étant couplé avec une dynamique de population. Le cycle annuel de fonctionnement du modèle peut être représenté via le schéma suivant :

---

<sup>1</sup> Le terme de parcelle bien que pouvant avoir différentes connotations (agricole, cadastrale, etc...) est ici employé pour différencier la notion d'agent qui gère la dynamique de la population de l'objet cellule qui lui stocke toutes les informations spatiales associées à la parcelle.

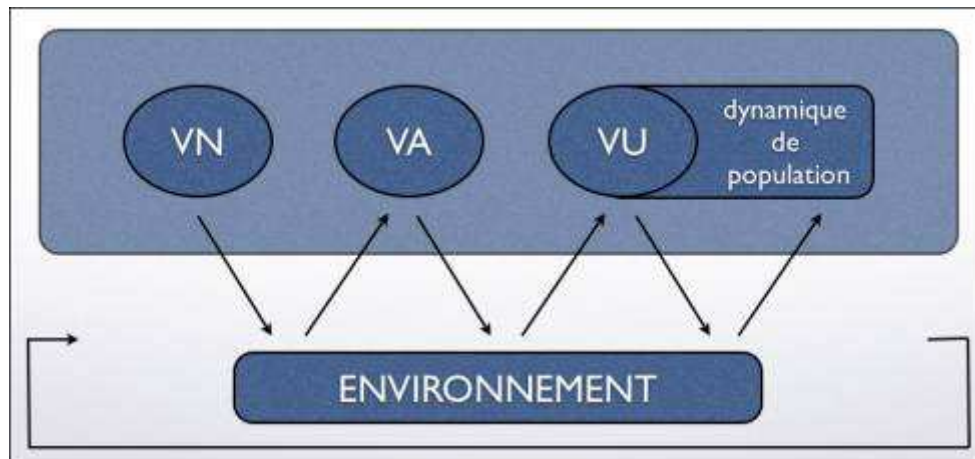


Figure 2 : Représentation de la succession d'actions des agents du modèle dans un pas de temps

Pour éviter de déclencher l'ensemble des agents parcelles inutilement, les trois agents A, U et N agissent directement sur les cellules de « l'environnement ». L'environnement est l'élément qui, englobant toutes les cellules, nous permet d'interagir avec elles. Ces dernières correspondent aux cases de la grille qui permettent :

- de choisir la zone géographique concernée par la simulation ;
- de choisir l'échelle de travail (la taille de chacune des cellules) ;
- d'affecter les agents.

La temporalité du modèle est calée de sorte à ce que la cohérence soit maintenue : comme sous-entendu sur le schéma précédent, les trois agents N, A et U se déclenchent successivement et l'environnement agit en se calant entre chacune de ces temporalités.

#### **4. Leviers pour la définition des scénarii**

Ils sont de deux types :

- les règles de dynamique endogène de chaque secteur  
(cf. III les choix utilisateur, -Interface 2 : paramétrage des dynamiques de chaque secteur) ;
- la matrice d'interactions entre secteurs  
(cf. III les choix utilisateur - Interface 3 : interactions entre secteurs).

## **II. Procédure d'utilisation du modèle**

### **I. Télécharger les fichiers nécessaires pour faire tourner DS**

Plusieurs types de fichiers sont nécessaires pour faire tourner DS. Il convient de différencier les utilisations possibles de DS :

- L'utilisation directe sans rajout ni modification ne nécessite qu'un environnement Java 6.0 installé sur la machine (Java Runtime Environment (JRE) 6)
- La modification et le rajout de ressources (cartes, interface, etc.) nécessitera un jdk java 6, un environnement de développement (Eclipse, Netbeans) comprenant une

implémentation de ant : Un outil développé par apache.org permettant l'utilisation de script afin d'automatiser certaines tâches. Les scripts sont écrits en xml et interprétés à la volée lors de l'utilisation de ant.

Tous ces fichiers sont téléchargeables gratuitement à cette adresse :

<http://java.sun.com/javase/downloads/index.jsp>

## 1.1. Les logiciels d'environnement JAVA

Lors du développement de nouvelle fonctionnalité pour DS, l'utilisation d'un compilateur java est nécessaire. Celui-ci se trouve dans le jdk fournit par Sun. Une fois ce jdk installé il est souhaitable d'utiliser un IDE java complet afin d'y intégrer les sources de l'application. Eclipse 3.x et Netbean 5.5 sont les IDE qui ont été utilisés pour la création de l'application. Si vous souhaitez utiliser un autre IDE, assurez vous d'avoir une installation de ant : soit intégrer à votre plateforme de développement, soit installer directement sur votre système. Ce sont des scripts ant qui sont utilisés afin de générer l'arborescence et les ressources de l'application. De plus la modification des cartes d'entrées du modèle nécessite une installation propre de ant.

## 1.2. Les fichiers du modèle à proprement parler

Ceux si sont regroupés sous le dossier GDesktop.

GDesktop :

- appli : Fichiers de configuration permettant de lancer l'application correctement
- gui : Fichiers JAR contenant l'interface visuelle de l'application
- modele : Fichier JAR contenant les éléments structurants du model, les managers
- module : Fichiers JAR contenant le moteur de l'application noyau, éditeur, etc.
- penv : Fichiers JAR contenant les ressources de l'application (cartes et légendes associées)
- DS.bat : Fichier lanceur de l'application

## 2. Lancer l'application

Il suffit de double-cliquer sur le fichier de commande MS-DOS **DS.bat**. Celui-ci lance l'environnement JAVA et l'exécutable DS. Deux fenêtres s'ouvrent alors :

- **GEAMAS NG - null -Projet : DS**
- **C:\WINDOWS\system32\cmd.exe**

Seule la première fenêtre nous intéresse par la suite, la seconde permettant essentiellement de visualiser les opérations effectuées par le logiciel.

La fenêtre **GEAMAS NG - null -Projet : DS** se partage en 4 parties (de gauche à droite et de haut en bas) :

- La carte 1 :  
Elle montre une miniature de l'île positionnant le sous-ensemble visualisé dans la partie suivante par un cadre rouge.
- La carte 2 :  
Avant que la simulation ne soit lancée, elle permet de visualiser les différentes couches d'information qui peuvent être utilisées par le modèle. Une fois que la simulation est lancée, elle montre l'évolution de l'indicateur que l'utilisateur choisira

de suivre. On peut zoomer ou au contraire prendre du champ en jouant sur les touches, **[10]**, **[2]**, **[\*2]** et **[\*10]** en bas de la carte. La touche **auto** affiche l'intégralité de l'île dans la fenêtre.

- Le cadre 1 :

Un cadre d'échanges avec l'utilisateur dans lequel apparaissent les 4 onglets suivants : **Simulation**, **Parametrage**, **Modélisation** et **Indicateur**. L'onglet grisé est celui qui est sélectionné et donc visualisé en dessous. Au démarrage de l'application, c'est l'onglet **Modélisation** qui est sélectionné.

- Le cadre 2 :

C'est dans ce cadre qu'apparaissent des informations supplémentaires, informations qui diffèrent selon l'onglet sélectionné dans le cadre 1. Lorsque l'onglet **Modélisation** est sélectionné dans le cadre 1, le cadre 2 permet d'afficher les couches d'informations qui seront potentiellement utilisées par le modèle. Pour cela, il suffit de sélectionner une carte dans le cadre 2, et de cocher la touche **afficher** en bas du cadre. La case « actif » en face de chaque carte indique si cette carte est effectivement utilisée par le scénario que vous allez définir via l'onglet **Parametrage** du cadre 1. C'est également dans ce cadre que se trouve la touche **APPLIQUER** qu'il faut activée une fois que la simulation est paramétrée.

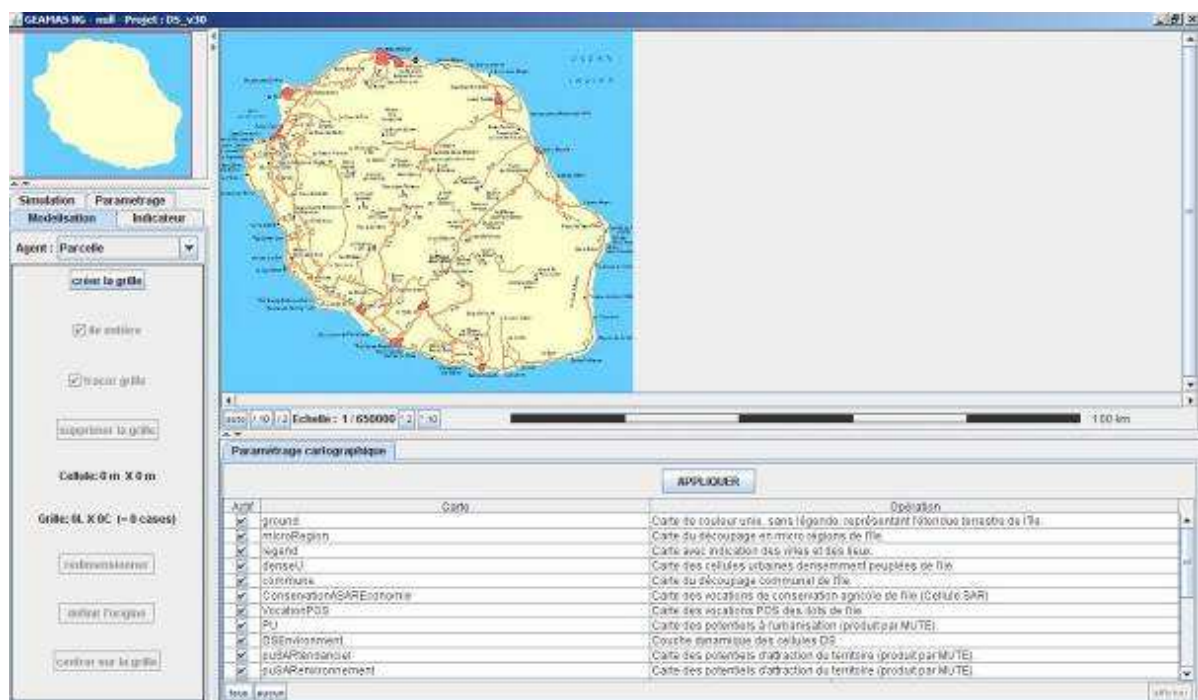


Figure 3 : la fenêtre **GEAMAS NG - null -Projet : DS**

### 3. Initialiser la simulation

#### 3.1. Cartes d'entrées : Utilisation et définition

L'initialisation des valeurs prises des agents est basée sur l'interprétation de diverses cartes d'entrée de l'application. La modification de ces cartes est possible via l'outil ChangeDSMap présent dans le package développeur de DS. ChangeDSMap permet de visualiser les cartes d'entrée, et exécute automatiquement les tâches de compilation nécessaire aux changements



de certaines d'entre elles. S'il est lancé depuis son répertoire d'origine (./DS/dist/ressources), aucune autre manipulation n'est nécessaire.

### 3.2. Définir le champs et la résolution spatiale

Cette première étape se fait via l'onglet **Modélisation** du cadre 1.

- Créer une grille  
Cliquez sur la touche **créer la grille**. Dans ce prototype, la grille est systématiquement régulière et carrée. Par défaut la résolution est de 1km\*1km, et la grille couvre toute l'île.
- La redimensionner (optionnel)  
Cliquez sur la touche **redimensionner**, et entrez la nouvelle résolution en mètres. L'utilisateur ne devrait pas descendre en dessous d'une résolution de 200m\*200m. En effet, la précision des cartes utilisées pour initialiser le modèle et les simplifications de logique de DS rendraient alors les résultats de la simulation absurdes. La case en face d'« île entière » permet de couvrir automatiquement l'ensemble de l'île en choisissant simplement la résolution souhaitée dans **redimensionner**.
- En redéfinir l'origine (optionnel)  
Cliquez sur la touche **définir l'origine**. L'utilisateur a alors la main dans la carte 2 pour positionner la grille.
- La recentrer (optionnel)  
Cliquez sur la touche **centrer sur la grille**. Cette opération recentre la carte 2 sur le centre de la grille définie dans le cadre 1.
- Choisir ou non de tracer la grille sur la carte 2 (optionnel)  
En cochant la case en face de « tracer grille » on peut faire disparaître la grille une fois celle-ci définie pour voir plus clairement les indicateurs une fois la simulation lancée.

### 3.3. Définir les dynamiques intrinsèques de chaque volet et les interactions entre volets.

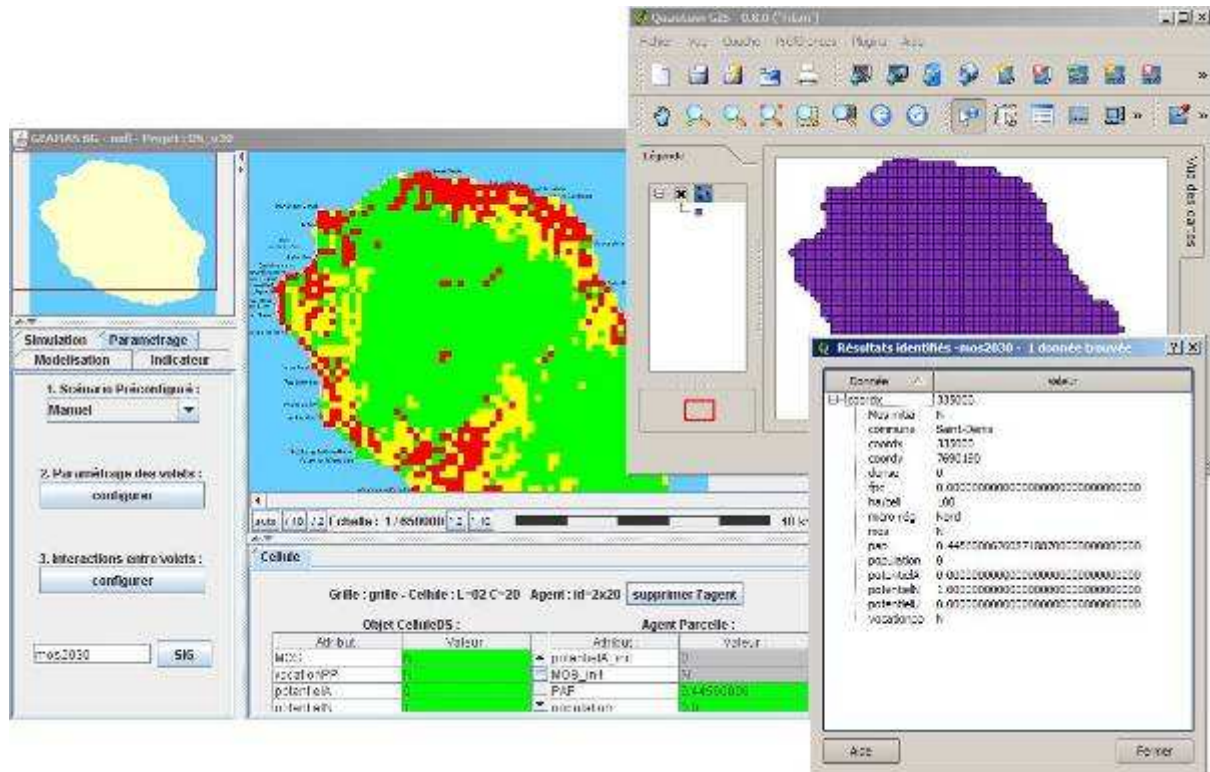
Cette deuxième étape se fait via l'onglet **Paramétrage** du cadre 1. Vu le nombre d'options de chaque interface, l'interface 1 est intégrée directement à l'onglet et les interfaces 2 et 3 prennent la forme de fenêtres indépendantes. Le détail de cette opération est repris dans le chapitre V Détails des interfaces de paramétrage de scénario.

L'utilisateur peut sélectionner un scénario prédéfini dans l'interface « 1. Scénario Préconfiguré », ou définir lui-même un scénario donné en remplissant les interfaces « 2. Paramétrage des volets » et « 3. Interactions entre volets ». Même s'il suit la première option, l'utilisateur peut observer les impacts de sa paramétrisation dans chacune des interfaces en cliquant sur celles-ci.

Enfin, en cliquant dans le cadre en dessous du point « 4. Exporter en ShapeFiles », il est possible de sauvegarder l'état courant de la simulation au format shapefile afin que des logiciels spécialisés SIG puissent lire les résultats de simulation. La sauvegarde s'effectue en renseignant un champ texte du nom du fichier que l'on souhaite créer (sans extension). Le programme créera ainsi 3 fichiers :

- Un fichier.shp regroupant les formes géométriques et leurs coordonnées

- Le système de sauvegarde est basé sur l'API Geotools, et le fichier shapefile ainsi généré est un ensemble de points correspondant à chaque cellule de la grille de DS.



### 3.4. Créer les agents et objets de la simulation avec leur attributs

### 3.5. Choix des informations géographiques visualisées en cours de simulation

- des attributs fixes du modèle :
  - commune : visualise les 24 communes de l'île
  - conservation A : visualise l'espace sur lequel est défini un attribut de conservation agricole
  - existence : visualise les cellules reconnues comme terrestres
  - microrégion : visualise les 4 microrégions de l'île

- PAP : visualise le potentiel d'attractivité de la population de chaque parcelle (facteur variant entre 0 à 1)
- potentiel U : visualise le potentiel d'urbanisation de chaque cellule (nul, faible, moyen, fort)
- vocation POS : visualise le zonage réglementaire des POS des communes de l'île en répartissant les différentes catégories officielles de ces zonages en trois grands types : agricole, urbain et naturel.
- des indicateurs variant éventuellement au cours de la simulation :
  - conservation N : visualise l'espace sur lequel est défini un attribut de conservation environnementale
  - denseU : visualise l'espace densément peuplé (population de la parcelle supérieure à 50hab/ha)
  - MOS : visualise le mode d'occupation du sol (agricole, urbain ou « naturel »)
  - Population : visualise la population totale de la parcelle (nombre d'habitants)
  - potentiel A : visualise les potentiels agricole (nul, faible, moyen, fort)
  - potentiel N : visualise les potentiels de biodiversité (nul, faible, moyen, fort)

Pour chacun des informations géographiques, la palette de couleur associée est changeable en double-cliquant sur la case indiquant la couleur. Lorsqu'il s'agit de série continue, même les bornes entre deux éléments de la série sont ajustables en cliquant sur les cases **Ajouter**, **Série** et **Supprimer**.

Deux modes ont un rôle particulier :

- OFF : désactive tout lien avec les informations géographiques et fait apparaître sur la carte 2 le fond de carte qui était présent avant l'initialisation de la simulation
- DATA : fait apparaître dans la fenêtre C:\WINDOWS\system32\cmd.exe différents indicateurs concernant l'évolution qualitative de la sole agricole (espaces initialement agricoles perdus, espaces nouvellement gagnés par le volet agricole depuis le début de la simulation).

## 4. Lancer la simulation

Cette étape se fait via l'onglet **Simulation** du cadre 1.

L'utilisateur peut changer la borne de fin de la simulation. La borne de début est également changeable mais les conditions initiales étant fixées par les cartes chargées par le modèle, tout changement de cette date devrait s'accompagner d'un nouvel ensemble de cartes (notamment de population, de MOS et de potentiels A, U et N).

En sélectionnant la case **Sauvegarder**, l'utilisateur peut conserver une trace écrite de l'évolution des indicateurs intégrés à chaque pas de temps de la simulation :



- année (Date)
- surface totale en MOS agricole (MOSA)
- surface totale en MOS urbain (MOSU)
- surface totale en MOS naturel (MOSN)
- objectif surfacique du secteur N (Objectif N)
- espace conservé (Espace N)
- reste à acquérir par le volet N pour atteindre son objectif avant le pas de temps (Demande N)

- reste à acquérir par le volet N pour atteindre son objectif après le pas de temps (Demande Insatisfaite N)
- objectif surfacique du secteur agricole (Objectif A)
- espace agricole (Espace A)
- reste à acquérir par le volet N pour atteindre son objectif avant le pas de temps (Demande A)
- reste à acquérir par le volet N pour atteindre son objectif après le pas de temps (Demande Insatisfaite A)
- population totale (Population)
- population de la microrégion nord (Pop Nord)
- population de la microrégion Sud (Pop Sud)
- population de la microrégion Est (Pop Est)
- population de la microrégion Ouest (Pop Ouest)

Il doit alors choisir le nom de ce fichier sans oublier de rajouter .csv à la fin du nom. Ce fichier indique en entête les conditions de simulation : résolution spatiale et définition des éléments du scénario).

En sélectionnant la case **Tracer Graphique**, l'utilisateur peut obtenir l'affichage automatique de ces indicateurs intégrés pendant la simulation dans une fenêtre séparée de **GEAMAS NG - null -Projet : DS**.

La case pause est un artifice du modèle permettant de ralentir artificiellement la vitesse de simulation pour que l'utilisateur puisse suivre visuellement l'évolution temporelle affichée sur la carte 2. L'ordre de grandeur d'une pause permettant de suivre une simulation à une résolution spatiale de 1km\*1km sur un ordinateur ayant un processeur de 1,6GHz est de l'ordre de 200ms. Aucune pause n'est nécessaire pour suivre une simulation à une résolution spatiale suffisamment fine (ex : 200m\*200m).

Enfin la touche  permet de lancer la simulation. Une fois celle-ci lancée la touche  permet de la stopper, aucun redémarrage n'étant alors possible.

## 5. Analyser les résultats de la simulation

Les traitements post-simulation sont limités dans l'outil DS. En fin de simulation, l'utilisateur dispose de la fenêtre cartographique carte 2, dans laquelle il peut visualiser l'état final de tous les indicateurs de son choix (cf. cadre 2). Une fenêtre supplémentaire est apparue lors de la simulation avec les graphiques permettant de suivre l'évolution temporelle des indicateurs intégrés décrits ci-dessus.

Enfin selon les choix de sauvegarde faits avant de lancer la simulation et après celle-ci, il dispose :

- de cette même liste sous format .csv, qu'il peut ensuite traiter avec Excel
- de cartes sauvegardées sous format ESRI/ShapeFile en début et en fin de simulation stockant tous les indicateurs de la simulation qu'il peut ensuite comparer en les traitant avec un logiciel SIG (MapInfo, ArcView, ArcGIS, etc...).

## III. Limites d'utilisation du modèle

Comme pour tout modèle, les résultats de simulation de DS et leur interprétation sont étroitement liés aux hypothèses de modélisation.

Le modèle DS est basé sur une approche spatiale généralisatrice et simplificatrice des dynamiques sectorielles et intersectorielles d'utilisation de l'espace à la Réunion.

- La complexité des processus économiques, sociaux et biophysiques sous-tendant ces dynamiques n'est pas représentée dans l'outil. De plus, seuls des comportements agrégés permettant de décrire les grandes tendances sont considérés. Dès lors, des changements majeurs affectant la traduction spatiale des processus socio-économiques ou la pertinence des comportements agrégés pourraient invalider les résultats de ces simulations (par exemple, si une partie de l'eau prévue par le projet de basculement des eaux n'arrive pas dans le PILO, les potentiels agricoles de l'ouest ne seraient pas modifiés, et donc le volet agricole continuerait de vouloir mettre en culture les cellules de potentiel agricole fort dans des zones sèches impropres à la culture sans irrigation)
- Sur la dynamique urbaine : l'étalement se faisant de façon homogène en fonction de la dynamique démographique durant une simulation donnée, l'impact d'un changement de bâti non directement lié au nombre d'habitants (par exemple : l'implantation d'un nouveau bassin d'emploi ex-nihilo comme une ZAC) n'est pas représenté.
- Sur la dynamique agricole : L'interprétation de la simulation de l'évolution du MOS doit se faire en combinant résultats qualitatifs et quantitatifs. Notamment, l'analyse de l'évolution des surfaces brutes agricoles en fin de simulation dépend du nombre relatif de cellules agricoles initiales perdues et de nouvelles cellules ayant été mises en culture.
- Enfin concernant la dynamique dite naturelle, celle-ci ne se réfère qu'à une dynamique de mise en conservation et d'évolution du potentiel de biodiversité des milieux dits « naturels ». Aucune autre considération n'a été prise en compte, comme une valorisation touristique des espaces naturels, ou une valorisation écologique des espaces agricoles. D'autre part dans notre modèle, les espaces dits « naturels » sont définis par opposition aux espaces urbains et agricoles (hors foresterie). Cela inclut des espaces couverts par :
  - o de la végétation indigène peu ou pas transformée;
  - o de la végétation indigène envahie (densité moyenne à forte d'espèces envahissantes),
  - o de la végétation secondarisée (100 % d'espèces exotiques),
  - o des exploitations forestières d'espèces indigènes ou exotiques,
  - o des friches agricoles plus ou moins anciennes,
  - o des sols nus non artificialisés

En réalité, ces espaces bien qu'ayant un MOS N, ne représentent pas tous le même type et le même niveau d'enjeu de conservation. Il existe ainsi à différents niveaux, des espaces à fort enjeu pour la conservation de la biodiversité, pour la pratique de loisirs liés à la nature ou pour la valeur esthétique du paysage, etc.

En outre, dans un scénario donné, le modèle applique systématiquement les mêmes règles de fonctionnement durant toute la simulation. Ainsi les règles et couches d'information initiales ne sont pas remises en cause par les résultats intermédiaires de simulation. Prenons l'exemple d'un scénario où la règle de fonctionnement du volet agricole est de respecter la carte de conservation environnementale. Si au cours de la simulation il n'y a plus d'espace disponible pour atteindre son objectif de surface agricole, il ne consommera pas les espaces naturels conservés même si ceux-ci ont un potentiel agricole non nul. Plus la durée de la simulation est longue plus cette limitation devient cruciale.

Enfin, la résolution spatiale de la simulation quel qu'elle soit (au maxima égale à 4ha) et les simplifications du modèle permettent de simuler les grandes tendances d'évolution de l'occupation du sol à l'échelle du 1/100 000. Nous insistons donc sur le point suivant :

Compte tenu de la résolution des informations géographiques utilisées entrée de simulation et des simplifications logiques inhérentes au modèle, une lecture fine ( $< 1/100\,000$ ) des sorties du modèle serait abusive

## IV. Détails de la structure et des dynamiques du modèle

Afin d'avoir une vue globale de l'architecture du modèle, la figure 5 représente le diagramme de classe du modèle. Elle reprend l'ensemble des entités existantes ainsi que les liens qui les unissent, permettant également d'appréhender les fonctions existantes au sein de chaque entité. Ce chapitre revient ensuite sur le détail de chaque entité du modèle, précisant pour chacun ses attributs et ses fonctions. Enfin, la dernière section aborde les dynamiques impliquant plusieurs entités.

Dans la suite de ce document, les noms introduits entre crochets et cités en italique désignent les variables des différents agents du système et la notation [variable] suivie du symbole \$ signifie que la variable est une constante.

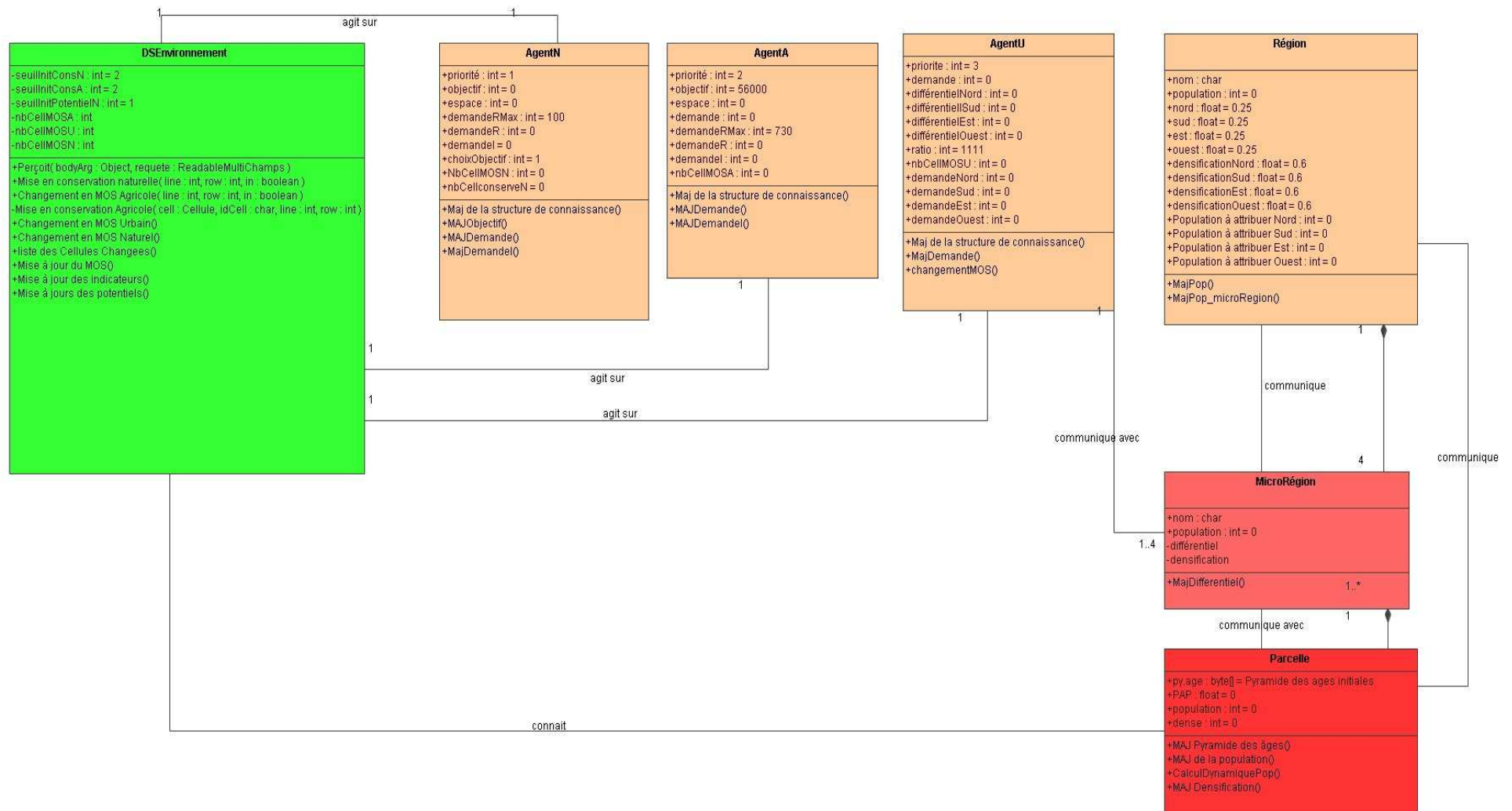


Figure 5 :

Diagramme de classe du modèle. Les agents en rouge sont des agents sociaux alors que les agents en vert sont les agents spatiaux. Enfin les nuances d'intensité de couleur reflète le niveau d'organisation auquel l'agent intervient (foncé : île, médium : microrégion, clair : parcelle)

## 1. Agents et Objets du modèle

### 1.1. Les cellules

Elles possèdent un ensemble d'attributs liés au "sol". Ce sont des objets car elles n'ont pas de fonctionnement propre.

#### Description :

[ <i>mos</i> ]	MOS (qui peut être A, U ou N)
[ <i>vocationPP</i> ]\$	Vocation agricole naturelle ou urbaine du zonage du POS
[ <i>conserve</i> ]	Attribue booléen indiquant si la cellule fait l'objet d'une conservation environnementale
[ <i>conserveA</i> ]\$	Attribue booléen indiquant si la cellule fait l'objet d'une conservation agricole
[ <i>potentielN</i> ]	Potentiel intrinsèque de biodiversité de la cellule (fort, moyen, faible ou nul)
[ <i>potentielA</i> ]	Potentiel de mise en culture de la cellule (fort, moyen, faible ou nul)
[ <i>potentielU</i> ]\$	Potentiel à l'urbanisation de la cellule (fort, moyen, faible ou nul)

#### Dynamique :

Les cellules sont manipulées par les agents A, U et N qui décident de leurs éventuels changements d'attributs lors du déroulement de la simulation.

Les seuls attributs variables sont : le MOS, les potentiels de mise en culture et de biodiversité, et éventuellement la conservation environnementale.

### 1.2. Les parcelles

#### Principe général :

Les parcelles sont les agents de base permettant la prise en compte de la dynamique de population.

Tous les ans, chacune des parcelles calcule à partir de sa population précédente une nouvelle population en fonction de l'évolution de la natalité et de la mortalité, et un pourcentage de cette nouvelle population qui cherchera à quitter cette parcelle, appelé « population migrante ».

La nouvelle population totale et la population migrante remontent jusqu'à la région et les microrégions pour ensuite être redistribuée sur chaque parcelle en tenant compte du flux d'immigration de l'île, du facteur d'attraction de la microrégion, de la dynamique du volet urbain et du facteur d'attraction de chaque parcelle (cf. II. Détails de la structure et des dynamiques du modèle – 2. Détail du couplage entre dynamique démographique et dynamique urbaine).

#### Description :

[ <i>population</i> ]	Population de la parcelle
[ <i>pyramidR</i> ]	Pourcentage de la population de la parcelle selon les classes d'âge de la pyramide des âges suivante : 0-10, 11-20, 21-30, 31-50, 51-70, 70+.
[ <i>pyramidN</i> ]\$	Pourcentage de natalité pour chaque classe d'âge de la pyramide
[ <i>pyramidM</i> ]\$	Pourcentage de mortalité pour chaque classe d'âge de la pyramide
[ <i>pyramidD</i> ]\$	Pourcentage de départs pour chaque classe d'âge de la pyramide
[ <i>PAP</i> ]\$	Potentiel d'attractivité pour la nouvelle population migrante arrivant sur la parcelle
[ <i>denseU</i> ]	Attribue booléen indiquant si la parcelle est densément peuplée ou non (seuil fixé à 50 hab/ha)



[DT] Population migrante de la parcelle (départs total dans le détail de la dynamique)

### **Dynamique :**

1. Calcul des nombres de départs, naissances, et morts de l'année
2. Mise à jour de la pyramide des âges
3. Mise à jour de la population totale
4. Mise à jour de l'attribut « denseU »

### **Détail des calculs :**

#### ***Pyramide des âges et tables de naissance, de mortalité et de départ***

La pyramide des âges est propre à chaque parcelle, mais il reste à déterminer une méthode pour calculer la valeur initiale appropriée à leur affecter. Dans ce premier prototype, toutes les parcelles ont la même pyramide des âges initiale (ligne : 'répartition'):

Âge	0 – 10	11 – 20	21 – 30	31 – 50	51 – 70	+ 70
Répartition	18	15	14	25	19	9
Naissance	0	0,8	4	3	0	0
Mortalité	0,02	0,04	0,07	0,18	0,90	2
Départ	-	5	5	-	-	-

Tableau 1 : pyramide des âges et tables naissance, mortalité et départ (en %)

La pyramide des âges est associée à 3 tableaux permettant en fonction de la population courante de la parcelle de calculer chaque année :

- le nombre de naissance (ligne 'naissance'),
- le nombre de décès (ligne 'mortalité'),
- le nombre de candidats au départ (ligne 'départ').

Dans ce prototype, ces 3 tableaux sont constants et identiques pour chaque parcelle (pour aller plus loin il faudrait déterminer une loi d'évolution de ces tableaux et étudier s'ils doivent ou non être propres à chaque parcelle).

#### ***Simplification de l'évolution de la pyramide des âges suite aux mouvements de population***

Les calculs liés à la table de départ posent l'approximation suivante :

La table départ permet de calculer le nombre total de personnes cherchant à quitter la parcelle chaque année, et bien que ce calcul soit réalisé par des taux appliqués à chaque tranche d'âge, la répartition finale des individus sortant est proportionnelle à la répartition de la population par tranche d'âge. Donc la pyramide des âges reste inchangée après le départ de ces individus.

Ce postulat d'approximation permet de simplifier le calcul de la table 'départ' : en pratique nous avons estimé le nombre d'individus susceptibles de quitter leur foyer familial (environ 10% des 15-25 ans) et cette quantité est assimilée au nombre de candidat au départ. L'erreur due à cette assimilation devrait être atténuée par le postulat d'approximation sur la répartition de ces candidats. Cette atténuation est encore renforcée par un postulat de répartition identique pour la nouvelle population qui viendra s'installer sur la parcelle : comme les individus sortant, ces individus entrant se répartiront en fonction de la pyramide des âges de la parcelle d'accueil et laissera donc celle-ci inchangée.

### ***Evolution de la pyramide des âges :***

Mise à part pour les départs et arrivées d'individus, la pyramide des âges d'une parcelle évolue en fonction de sa population et des tableaux naissance/mortalité.

Notation :

On note

- $X[i]$ , la valeur de la ligne du tableau 1, dont le nom commence par X pour la tranche d'âge 'i' ;
- $X[i-1]$ , la valeur correspondante à la tranche d'âge située avant la tranche d'âge 'i' ;
- $X'[i]$ , la valeur de  $X[i]$  pour l'année suivante ;
- $P$  la population total de la parcelle.

#### **a) Calcul du nombre de naissance total : NT**

Soit  $P[i]$  la population appartenant à la tranche d'âge i :

$$P[i] = R[i] \times P / 100$$

où  $R[i]$  est la répartition de la tranche d'âge i.

Soit  $NT[i]$  le nombre de naissance pour la tranche d'âge i :

$$NT[i] = N[i] \times P[i] / 100$$

On a alors :

$$NT = NT[0-10] + NT[11-20] + NT[21-30] + NT[31-50] + NT[51-70] + NT[+70]$$

#### **b) Calcul du nombre de décès total MT :**

Soit  $MT[i]$  le nombre de décès pour la tranche d'âge i :

$$MT[i] = M[i] \times P[i] / 100$$

On a alors :

$$MT = MT[0-10] + MT[11-20] + MT[21-30] + MT[31-50] + MT[51-70] + MT[+70]$$

#### **c) Calcul du nombre de départ total : DT**

Soit  $DT[i]$  le nombre de départ calculé via la tranche d'âge i :

$$DT[i] = D[i] \times P[i] / 100$$

On a alors :

$$DT = DT[0-10] + DT[11-20] + DT[21-30] + DT[31-50] + DT[51-70] + DT[+70]$$

Et on a  $DTe[i]$  le nombre de départ effectif de la tranche d'âge i :

$$DTe[i] = R[i] \times DT / 100$$

#### **d) Calcul de la nouvelle population de la parcelle P' :**

$$P' = P + NT - MT - DT$$

#### **e) Calcul des nouveaux effectifs de chaque tranche d'âge :**

$$P'[0-10] = P[0-10] - MT[0-10] - DTe[0-10] + NT - P[0-10]/10 \quad (1)$$

Au précédent nombre d'individus de cette tranche d'âge ( $P[0-10]$ ), on retire le nombre de décès ( $MT[0-10]$ ) et le nombre d'individus quittant la parcelle ( $DTe[0-10]$ ), puis on rajoute le nombre total de naissance ( $NT$ ) et finalement on retire le nombre d'individus qui change de tranche d'âge ( $P[0-10]/10$ , la tranche couvre 10 années et on fait l'approximation que la composition de la tranche d'âge est homogène).

$$P'[i] = P[i] - MT[i] - DTe[i] + P[i-1]/10 - P[i]/10 \quad ; \text{ pour } i = '11-20', '21-30' \quad (2)$$

Comme précédemment, mais ici on ne rajoute pas le nombre de naissance total, mais le nombre d'individus qui a rejoint la tranche d'âge ( $P[i-1]/10$ ).

$$P'[31-50] = P[31-50] - MT[31-50] - DTe[31-50] + P[21-30]/10 - P[31-50]/20 \quad (3)$$

Pour la tranche d'âge 31-50 : on a  $P[21-30]/10$  nouveau venu dans la tranche d'âge, alors  $P[31-50]/20$  la quitte (la tranche '31-50' couvre 20 années).

$$P'[51-70] = P[51-70] - MT[51-70] - DTe[51-70] + P[31-50]/20 - P[51-70]/20 \quad (4)$$

Ici  $P[31-50]/20$  nouveau venu.

$$P'[>70] = P[>70] - MT[>70] - DTe[>70] + P[51-70]/20 \quad (5)$$

Pour cette dernière tranche on a pas d'individus qui quitte la tranche d'âge (mise a part ceux calculé par la mortalité  $MT[>70]$  et ceux qui quitte la parcelle  $DTe[>70]$  )

NB : on peut vérifier qu'on a bien :

$$P' = P + NT - MT - DT$$

**f)** Nouvelle pyramide des âges :

Enfin, la pyramide des âges de la parcelle évolue de la façon suivante :

$$R'[i] = (P'[i] / P') \times 100$$

**g)** Optimisation :

Pour optimiser la charge mémoire et les temps de traitement relatif à ces calculs (qui, durant la simulation, seront réalisés par chaque agent parcelle, à chaque cycle) la formule obtenue en f), en manipulant les équations a), b), c) et e), peut s'écrire :

$$R'[i] = (R[i] \times (P \times (\alpha - M[i]/100) - DT) + \beta) / P'$$

Avec : - pour $i = '0-10'$ :	$\alpha = 9/10$	$\beta = NT \times 100$
- pour $i = '11-20'$ et $i = '21-30'$ :	$\alpha = 9/10$	$\beta = R[i-1] \times P / 10$
- pour $i = '31-50'$ :	$\alpha = 19/20$	$\beta = R[i-1] \times P / 10$
- pour $i = '51-70'$ :	$\alpha = 19/20$	$\beta = R[i-1] \times P / 20$
- pour $i = '>70'$ :	$\alpha = 1$	$\beta = R[i-1] \times P / 20$

**NB** : sous cette forme on peut remarquer que  $\alpha$  caractérise la quantité d'individus restant dans la tranche d'âge (cette quantité vaut :  $\alpha \times P[i]$ ), et que  $\beta$  caractérise la quantité d'individus qui rejoint la tranche d'âge (cette quantité est égale à :  $\beta / 100$ ).

### 1.3. Les microrégions

**Principe général :**

Les microrégions interviennent dans la dynamique de population comme intermédiaire entre la région et les parcelles. Cet agent est chargé de faire la partition entre la population participant à l'étalement de celle participant à la densification. C'est aussi l'agent qui va échanger avec l'agent U, faisant le lien entre dynamique démographique et dynamique d'urbanisation. Ce lien ne se fait pas en utilisant la population migrante mais à partir du différentiel entre population à l'instant  $t$  et population à l'instant  $t+1$  du fait des données disponibles pour calibrer les paramètres utilisés par l'agent U. Ce différentiel est ensuite traduit en population participant à l'étalement pour chaque microrégion.

**Description :**

<i>[population]</i>	Population de la microrégion
<i>[différentiel]</i>	Différentiel entre population à l'instant $t$ et population à l'instant $t+1$ de la microrégion

[*densification*]    Densification/Etalement dans la microrégion

**Dynamique :**

1. Mise à jour de la population de la microrégion
2. Mise à jour des différentiels
3. Calcul de la part de la population participant à la densification et à l'étalement.

## 1.4.      La région

**Principe général :**

La région intervient également dans la dynamique de population. Elle permet l'intégration de la population migrante de toutes les cellules avant redistribution par microrégion en fonction de leur facteur d'attractivité. C'est à ce niveau qu'est pris en compte le flux de population migrante supplémentaire (un phénomène d'immigration dans l'île).

**Description :**

[ <i>population</i> ]	Population de la région
[ <i>fluxImmigration</i> ]\$	Pourcentage supplémentaire de personnes immigrants dans l'île par an
[ <i>densificationNord</i> ]\$	Densification/Etalement dans la microrégion Nord
[ <i>densificationSud</i> ]\$	Densification/Etalement dans la microrégion Sud
[ <i>densificationEst</i> ]\$	Densification/Etalement dans la microrégion Est
[ <i>densificationOuest</i> ]\$	Densification/Etalement dans la microrégion Ouest

**Dynamique :**

1. Somme de la population de toutes les parcelles
2. Ajout de la population immigrante
3. Calcul de la population à attribuer à chaque microrégion

## 1.5.      L'agent A :

**Principe général :**

Objectif de l'agent : atteindre une surface agricole donnée sur l'île (hormis les surfaces de foresterie) dans son ensemble en faisant passer des cellules (prioritairement les cellules de plus fort potentiel A) en MOS Agricole ;

Pour cela :

- on se donne un **objectif** (qui peut selon les cas être calculé à partir des données initiales, être une donnée fixée par l'utilisateur, etc.)
- on calcule l'**espace** existant concerné (espace agricole : ensemble des cellules dont le MOS=A).
- de ses deux variables, on extrait une **demande** de surface à mettre en culture.
- pour essayer de pourvoir à cette demande, et en tenant compte des contraintes définies par l'utilisateur, le modèle fait passer le plus de cellules possible en MOS Agricole.
- selon les paramètres choisis pour la simulation (valeurs seuils, etc.), l'ensemble de la demande peut ne pas être affectée, le modèle enregistre alors une **demande insatisfaite**.

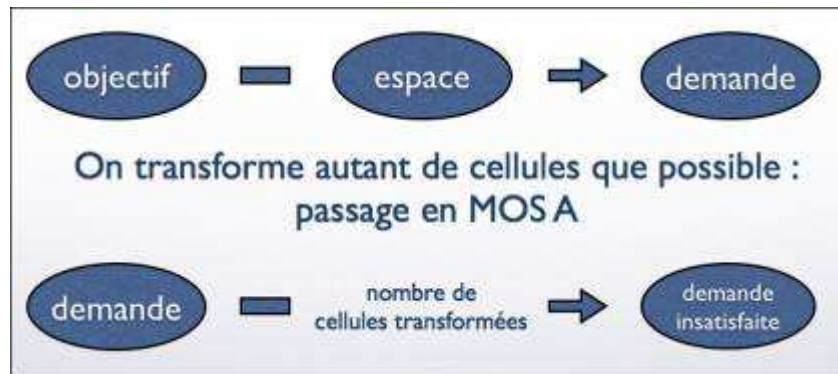


Figure 6 : Etapes de la dynamique propre du secteur Agricole dans un pas de temps

### Description :

[ <i>objectif</i> ]	\$	Objectif de surface dédiée à l'agriculture (ha)
[ <i>espace</i> ]		Espace agricole (espace couvert par les cellules où MOS=A, en ha)
[ <i>demande</i> ]		Demande de surface à mettre en culture (ha)
[ <i>demandeRmax</i> ]	\$	Demande revue maximale (ex : 500 ha)
[ <i>cells</i> ]		Liste de cellule cible fournit par Filtre
[ <i>demandeR</i> ]		Demande revue = $\min(demande ; demandeRmax)$
[ <i>demandeI</i> ]		Demande insatisfaite agricole (ha)
[ <i>MOSA-Gagné</i> ]		Nouvel espace agricole gagné entre le début et la fin de la simulation (ha)
[ <i>MOSA-Perdu</i> ]		Espace initialement agricole perdu à la fin de la simulation (ha)

### Initialisation :

Choix des valeurs entrées par l'utilisateur :

- *objectif* (valeur par défaut : 56000 ha)
- carte d'initialisation utilisée pour définir l'attribut de conservation agricole de chaque cellule.
- *demandeRmax* (valeur par défaut : 500 ha)

Création de la liste *cells* en fonction du « filtre créé » (voir III. Interface 3 pour plus de détails). Cette liste est créée à partir de l'objet Filtre qui à un agent associe une méthode de filtre des cellules potentiellement utilisables.

### Dynamique :

1. Prise en compte des changements d'état des cellules de l'environnement
2. Mise à jour de la demande
3. Calcul et mise à jour de la demande insatisfaite
4. Impact de l'environnement par un changement en MOSA des cellules choisies

## 1.6. L'agent N :

### Principe général :

Objectif de l'agent : obtenir une surface conservée donnée sur l'île dans son ensemble en mettant des cellules en conservation (prioritairement les cellules de plus fort potentiel N).

Pour cela :

- on se donne un **objectif** (qui peut selon les cas être calculé à partir des données initiales, être une donnée fixée par l'utilisateur, etc.)
- on calcule l'**espace** existant concerné (espace naturel conservé).

- de ces deux variables, le modèle extrait une **demande** de surface à mettre en conservation.
- pour essayer de pourvoir à cette demande, et en tenant compte des contraintes définies par l'utilisateur, le modèle met le plus de cellules possible en conservation.
- selon les paramètres choisis pour la simulation (valeurs seuils, etc.) l'ensemble de la demande peut ne pas être affectée, le modèle enregistre alors une **demande insatisfaite**.

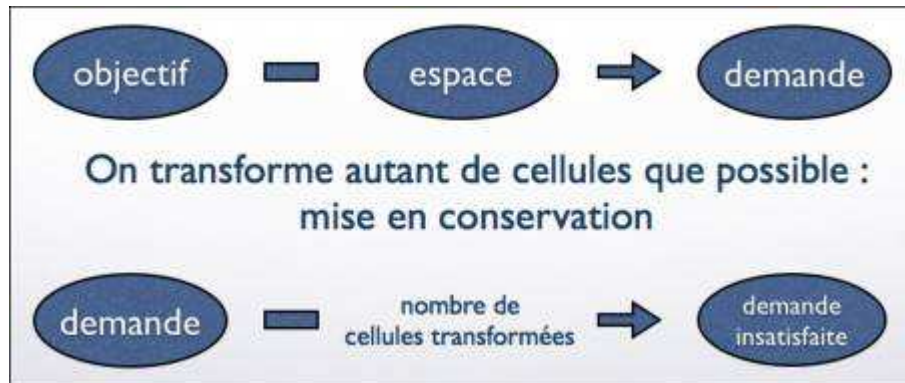


Figure 7: Etapes de la dynamique propre du secteur Naturel dans un pas de temps

#### Description :

[ <i>objectif</i> ]	\$	Objectif de surface dédiée à la conservation (ha)
[ <i>espace</i> ]		Espace à vocation de conservation environnementale (ha)
[ <i>demande</i> ]		Demande de surface naturelle à conserver (ha)
[ <i>demandeRmax</i> ]	\$	Demande revue maximale (ex : 50 ha)
[ <i>demandeR</i> ]		Demande revue = $\min(\text{demande} ; \text{demandeRmax})$
[ <i>demandeI</i> ]		Demande insatisfaite de conservation environnementale (ha)
[ <i>cells</i> ]		Liste ordonnée selon les potentiels de biodiversité décroissants des « cellules cibles »
[ <i>nbCellsLess</i> ]		Compteur du nombre de cellules qui sont retirées de <i>cells</i> par pas de temps

#### Initialisation :

Choix/Valeurs entrées par l'utilisateur :

- mode de calcul de l'objectif
- carte d'initialisation utilisée pour définir l'attribut de conservation environnementale de chaque cellule.
- *demandeRmax* (valeur par défaut : 50 ha)

Création de la liste *cells* : dépend du « filtre créé » (voir III. Interface 3 pour plus de détails).

#### Dynamique :

1. Prise en compte des changements d'état des cellules de l'environnement
2. Mise à jour de l'objectif, de la demande et de la demande insatisfaite
3. Impact l'environnement en demande une mise en conservation pour les cellules choisies

### 1.7. L'agent U :

#### Principe général :

Objectif du volet urbain : loger la population dans les espaces urbains en faisant éventuellement passer des cellules en MOS Urbain (prioritairement les cellules de plus fort potentiel U).

Objectif de l'agent : assurer l'étalement urbain nécessaire à l'installation de la nouvelle population

(prioritairement les cellules de plus fort potentiel U).

Pour cela :

- à chaque cycle on récupère pour chaque microrégion la population migrante participant au phénomène d'étalement via notre dynamique de population.
- en multipliant cette dernière par un ratio d'étalement (exprimé en "nombre de mètres carrés par habitant migrant participant à l'étalement", fixé par l'utilisateur), qui peut être nul (on est alors dans un scénario à tâche urbaine fixe), on obtient une **demande** en terme surfacique.
- en fonction des contraintes définies par l'utilisateur, on fait passer le plus de cellules possible en MOS U.



Figure 8: Etapes de la dynamique propre du secteur Urbain dans un pas de temps

#### Description :

[demandeN]	Demande de foncier urbain de la microrégion Nord
[demandeS]	Demande de foncier urbain de la microrégion Sud
[demandeE]	Demande de foncier urbain de la microrégion Est
[demandeO]	Demande de foncier urbain de la microrégion Ouest
[différentielNord]	Différentiel entre population à l'instant t et population à l'instant t+1 de la microrégion Nord.
[différentielSud]	Différentiel entre population à l'instant t et population à l'instant t+1 de la microrégion Sud.
[différentielEst]	Différentiel entre population à l'instant t et population à l'instant t+1 de la microrégion Est
[différentielOuest]	Différentiel entre population à l'instant t et population à l'instant t+1 de la microrégion Ouest
[ratio] \$	Ratio en nombre de mètres carrés par habitant supplémentaire participant au phénomène d'étalement
[cells]	Liste ordonnée (selon potentiel U décroissant) des « cellules cibles »

#### Initialisation :

Choix/Valeurs entrées par l'utilisateur :

- mode de répartition de la population
- saisie de la valeur du *ratio* (valeur par défaut : 1111m<sup>2</sup>/hab)

Création de la liste *cells* : dépend du « filtre créé » (voir III. Interface 3 pour plus de détails)

#### Dynamique :

1. Prise en compte des changements d'état des cellules de l'environnement
2. Mise à jour de la demande.
3. Impact l'environnement en demande un changement en MOSU pour les cellules choisies

## 2. Détail du modèle

### 2.1 Détail d'un pas de temps de simulation

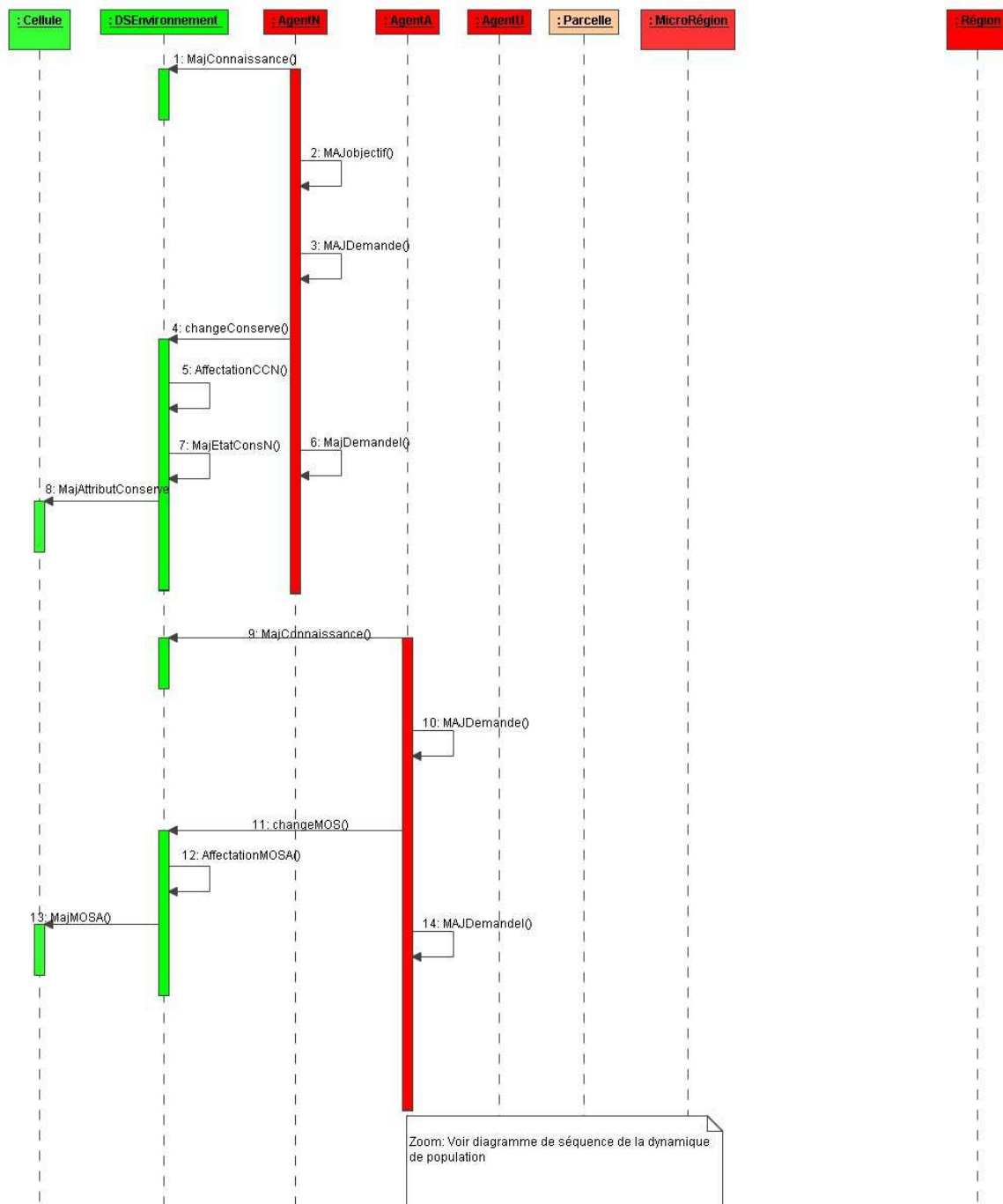


Figure 9 : Diagramme de séquence d'un pas de temps de simulation



## 2.2 Détail du couplage entre dynamique démographique et dynamique urbaine

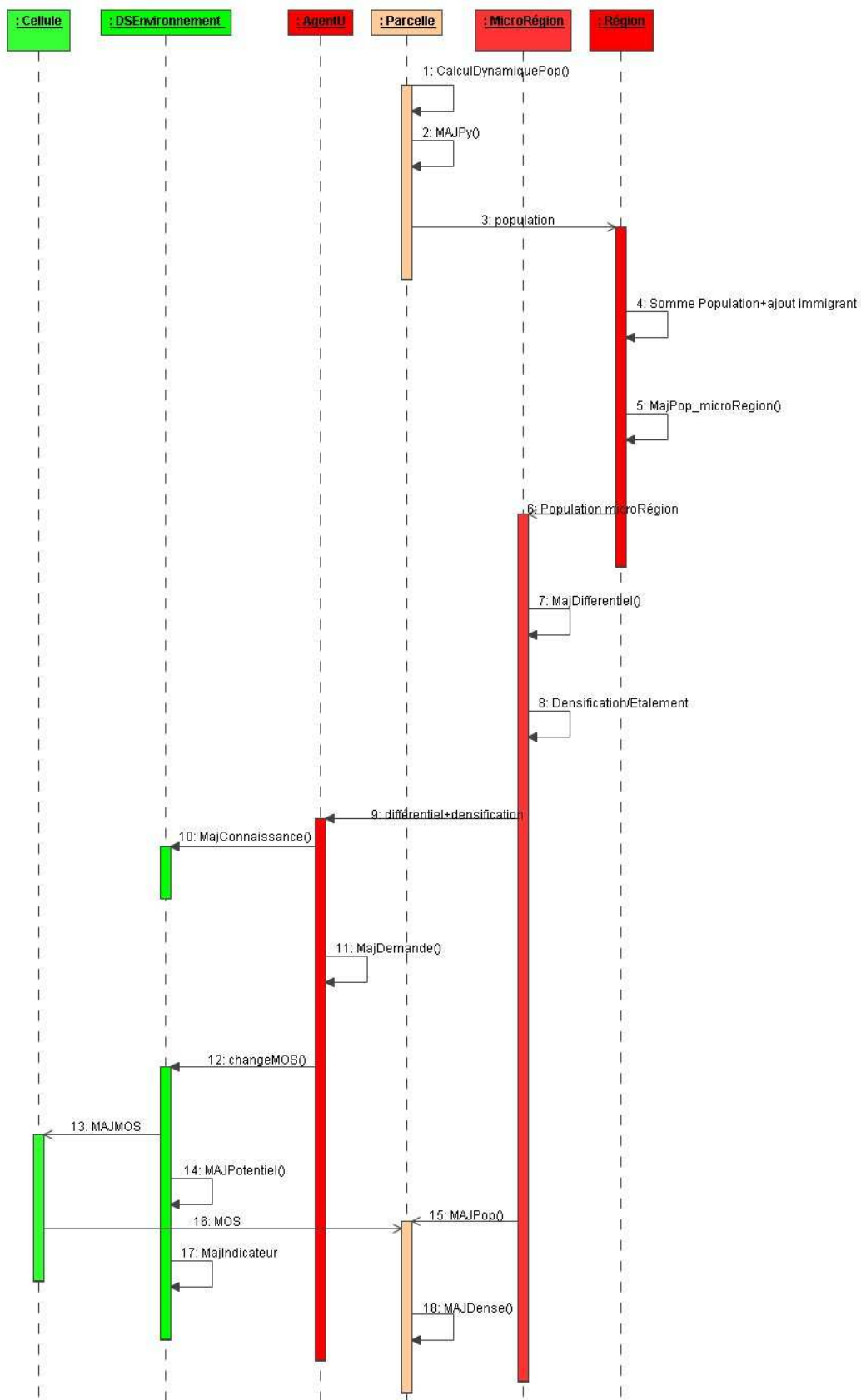


Figure 10 : Diagramme de séquence de la dynamique de population et son couplage à la dynamique d'urbanisation du volet U

## V. Détails des interfaces de paramétrage de scénario

Ces interfaces sont intégrées à l'onglet **Parametrage** du cadre 1. Ce chapitre revient sur la traduction précise en termes de fonctionnement du modèle de chaque choix fait dans ces interfaces.

### 1. Interface : *Choix du scénario*

L'interface se présente sous la forme d'un menu déroulant qui contient plusieurs scénarii prédéfinis permettant le remplissage automatique des interfaces 2 et 3.

L'option par défaut est le mode manuel, qui est automatiquement affiché si l'utilisateur change l'un des choix des interfaces 2 ou 3.

### 2. Interface : *Paramétrage des dynamiques de chaque secteur*

Cette interface est divisée en 3 onglets qui correspondent au paramétrage de chacun de nos agents N, A et U.

#### 2.1. Secteur Espaces Naturels

2. Paramétrage des volets

Volet Espaces Naturels Volet Agricole Volet Urbain Dynamique de population

Objectif de surface dédiée à la conservation ?

☐ selon potentiel N supérieur à : 1

☒ selon le MOS

Surface conservée initiale ?

☒ selon la vocation de conservation basée sur : ConservationNiveau1

☐ selon la vocation POS/PLU - N

Surface annuelle maximale pouvant être mise en conservation ?

☒ surface fixe : 100 hectares

☐ surface optimisée variable

Valider

Cette interface pose les questions suivantes :

Objectif de surface dédiée à la conservation ?

- soit calculé à partir de la carte de potentiel N :  
 $objectif = \text{nombre de cellules où potentiel N} \geq \text{valeur choisie.}$
- soit calculé à partir de la carte de MOS

$objectif$  = nombre de cellules où MOS = N.

Surface conservée initiale ?

- soit calculée à partir de la carte vocation de conservation  
 $espace$  = nombre de cellules où vocation de conservation  $\geq$  valeur choisie
- soit calculée à partir de la carte de vocation POS/PLU  
 $espace$  = nombre de cellules où vocation POS/PLU = N.

Surface annuelle maximale pouvant être mise en conservation ?

- soit saisie valeur fixe (valeur par défaut = 100 ha)  
 $demandeRmax$  = valeur
- soit surface optimisée variable  
chaque année :  $demandeRmax = (objectif - espace) / \text{nb d'années de simulation}$ .

## 2.2. Secteur Agricole

2. Paramétrage des volets

Volet Espaces Naturels Volet Agricole Volet Urbain Dynamique de population

Objectif de surface dédiée à l'agriculture ?

56 000 hectares

Surface conservée initiale ?

☒ selon la conservation agricole

ConservationA

☐ selon la vocation POS/PLU = A

Surface annuelle maximale pouvant être mise en culture ?

☒ surface fixe :

730 hectares

☐ surface optimisée variable

Valider

Cette interface pose les questions suivantes :

Objectif de surface dédiée à l'agriculture ?

saisie d'une valeur (valeur par défaut = 56 000 ha, afin de pouvoir atteindre les 50 000ha de SAU estimés par les Cahiers de l'agriculture)  
 $objectif$  = valeur.

Surface conservée agricole initiale ?

- soit basée sur la carte de conservation agricole

Le menu déroulant propose plusieurs cartes qui peuvent être utilisées pour initialiser l'attribut conservation agricole des cellules de l'environnement.  
une cellule est "en conservation agricole" si sa conservation agricole  $\geq$  valeur choisie

- soit basée sur la carte de vocation POS/PLU  
une cellule est "en conservation agricole" si sa vocation POS/PLU = A.

Surface annuelle maximale pouvant être mise en culture ?

- soit saisie valeur fixe (valeur par défaut = 730 ha)  
 $demandeRmax = \text{valeur}$
- soit surface optimisée variable  
 $demandeRmax = (\text{objectif} - \text{espace}) / \text{nb d'années de simulation.}$

### 2.3. Secteur Urbain



La première de ces trois options est actuellement « gelée » sur le « oui » : elle est directement intégrée au fonctionnement de base de notre dynamique de population.

Répartition de la population ?

- soit densification à tâche urbaine fixe  
 $demande = 0$
- soit scénario tendanciel selon un ratio donné  
 $demande = \lfloor \text{différentiel} * \text{ratio choisi} \rfloor$

Quelle carte de potentialité urbaine ?

Le menu déroulant propose plusieurs cartes qui peuvent être utilisées pour initialiser l'attribut potentialité urbaine des cellules de l'environnement.

## 2.4. Dynamique de population (associée à la dynamique du secteur urbain)

Cette interface se constitue de 2 onglets.

Le premier permet la saisie pour chaque microrégion du pourcentage de population en mouvement qui y sera distribué à chaque pas de temps de la simulation.

Le second permet la saisie pour chaque microrégion des pourcentages de densification et d'étalement associés à sa nouvelle population en mouvement.

The screenshot shows the '2. Paramétrage des volets' window with the 'Dynamique de population' tab selected. The 'Répartition' sub-tab is active. It features a dropdown menu for 'Scénario de répartition' set to 'Manuel'. Below this, there are four input fields for 'Pourcentages de répartition de la population': 'Nord' (25), 'Est' (25), 'Sud' (25), and 'Ouest' (25). A 'Valider' button is located at the bottom right of the main content area.

The screenshot shows the same window with the 'Densification' sub-tab selected. It displays four horizontal sliders for 'Pourcentages de densification' for the regions 'Nord', 'Est', 'Sud', and 'Ouest'. Each slider has a scale from 0 to 100, with a central marker at 50. A 'Valider' button is positioned at the bottom right.

### 3. Interface : Interactions entre secteurs

Cette interface est dédiée aux interactions entre secteurs. Elle est divisée en 2 onglets, le premier concerne les interactions relatives aux vocations diverses, le second les interactions relatives aux modes d'occupation du sol.

Plus concrètement, cette interface sert à définir les « filtres » qui permettent la constitution des différentes listes de cellules cibles de chaque agent. Pour chaque secteur il faut choisir les paramètres sur lesquels ces filtres sont construits :

- Vocation POS/PLU (N ou A ou U)
- Conservation environnementale (booléen « conservé N »)
- Conservation agricole (booléen « conservé A »)
- MOS N
- MOS A
- MOS U

Construction de chaque liste *cells* :

Lors de l'initialisation selon le filtre établi pour le secteur correspondant.

L'application de ce filtre nous donne l'ensemble de cellules cibles.

Tri éventuel :

Selon les cas il nous faut trier *cells* en fonction du potentiel correspondant :

Comme les potentiels sont classés par « classes » (ex : de 0 à 3 => 4 classes) on effectue les opérations suivantes :

- trier *cells* par potentiel décroissant ;
- classer aléatoirement les groupes de cellules de même potentiel.

Ceci permet de fonctionner ensuite en décrémentant *cells* depuis le début.

Les cellules présentant un potentiel A, U ou N nul ne sont pas considérées comme étant des cellules cibles par le secteur concerné.

Maintien de cohérence :

- une cellule appartenant à une liste *cells* et qui change d'état en est éliminée;
- l'environnement notifie aux agents A, U et N concernés le changement d'état d'une cellule qui possède les caractéristiques pour intégrer une ou plusieurs des listes *cells*.

#### 3.1. Onglet Vocations :

	VOLET N	VOLET A	VOLET U
Vocation POS/PLU	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conservation Naturelle	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Conservation Agricole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Valider

Chaque colonne représente l'ensemble des critères qui seront retenus pour la construction de la structure de connaissance de chacun de nos secteurs, et chaque ligne représente la présence ou non d'un critère donné dans la structure de connaissance de chaque secteur.

#### **La vocation POS/PLU :**

Pour un secteur donné, cocher cette case signifie qu'au cours du cycle de simulation de ce secteur, les cellules qui subissent une transformation sont celles dont la vocation POS/PLU est cohérente avec le secteur actif.

- Si la case est cochée pour le secteur N  
→ pour pouvoir être transformée, une cellule doit avoir une vocation POS/PLU = N ou A.
- Si la case est cochée pour le secteur A  
→ pour pouvoir être transformée, une cellule doit avoir une vocation POS/PLU = N ou A.
- Si la case est cochée pour le secteur U  
→ pour pouvoir être transformée, une cellule doit avoir une vocation POS/PLU = U.

#### **La Conservation environnementale :**

Pour un secteur donné, cocher cette case signifie qu'au cours du cycle de simulation de ce secteur, les cellules qui sont "conservées N" ne pourront en aucun cas être transformées.

- Si la case est cochée pour le secteur A  
→ aucune cellule "conservée N" ne pourra devenir une cellule agricole.
- Si la case est cochée pour le secteur U  
→ aucune cellule "conservée N" ne pourra devenir une cellule urbaine.
- Si la case est cochée pour le secteur N  
→ case cochée par défaut, le but du secteur N étant de conserver des cellules, il est normal qu'aucune cellule qui est déjà "conservée N" ne puisse le devenir à nouveau !

#### **La Conservation Agricole :**

Pour un secteur donné, cocher cette case signifie qu'au cours du cycle de simulation de ce secteur, les cellules qui sont "conservées A" ne pourront en aucun cas être transformées.

- Si la case est cochée pour le secteur N  
→ aucune cellule "conservée A" ne pourra devenir une cellule "conservée N".
- Si la case est cochée pour le secteur A  
→ aucune cellule "conservée A" ne pourra devenir une cellule agricole de MOS A. Cette case est évidemment gelée par défaut.
- Si la case est cochée pour le secteur U  
→ aucune cellule "conservée A" ne pourra devenir une cellule urbaine de MOS U.

### **3.2. Onglet MOS :**

	VOLET N	VOLET A	VOLET U
Espaces Naturels	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espaces Cultivés	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Espaces Urbanisés	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Valider

Chaque colonne représente l'ensemble des critères qui seront retenus pour la construction de la structure de connaissance de chacun de nos secteurs, et chaque ligne représente la présence ou non d'un critère donné dans la structure de connaissance de chaque secteur.

### MOS N :

Pour un secteur donné, cocher cette case signifie qu'au cours du cycle de simulation de ce secteur, les cellules qui ont un MOS N ne pourront en aucun cas être transformées.

- Si la case est cochée pour le secteur N  
→ case cochée par défaut : il est logique que le secteur N puisse toujours mettre en conservation N des cellules de MOS N.
- Si la case est cochée pour le secteur A  
→ aucune cellule de MOS N ne pourra devenir une cellule agricole de MOS A.
- Si la case est cochée pour le secteur U  
→ aucune cellule de MOS N ne pourra devenir une cellule urbaine de MOS U.

### MOS A :

Pour un secteur donné, cocher cette case signifie qu'au cours du cycle de simulation de ce secteur, les cellules qui ont un MOS A ne pourront en aucun cas être transformées.

- Si la case est cochée pour le secteur N  
→ aucune cellule de MOS A ne pourra devenir une cellule "conservée N".
- Si la case est cochée pour le secteur A  
→ case cochée par défaut : le but du secteur A étant de faire devenir des cellules en MOS A, il est normal que les cellules qui sont déjà de MOS A ne puissent le devenir à nouveau !
- Si la case est cochée pour le secteur U  
→ aucune cellule de MOS A ne pourra devenir une cellule urbaine de MOS U.

### MOS U :

Pour un secteur donné, cocher cette case signifie qu'au cours du cycle de simulation de ce secteur, les cellules qui ont un MOS U ne pourront en aucun cas être transformées.

- Si la case est cochée pour le secteur N  
→ aucune cellule de MOS U ne pourra devenir une cellule "conservée N".
- Si la case est cochée pour le secteur A  
→ aucune cellule de MOS U ne pourra devenir une cellule urbaine de MOS A.
- Si la case est cochée pour le secteur U  
→ case cochée par défaut : le but du secteur U étant de faire devenir des cellules en MOS U, il est normal que les cellules qui sont déjà de MOS U ne puissent le devenir à nouveau !



## **VI. Les couches d'informations géographiques utilisées en entrée du modèle**

Pour renseigner l'application DS-SAR, nous utilisons un jeu de données cartographiques. Ce chapitre présente tout d'abord la liste des plans d'information nécessaires à l'initialisation et au fonctionnement de DS-SAR, puis une seconde partie revient plus précisément sur la logique de construction de chaque carte, en précisant notamment les sources utilisées.

### ***1. Liste des plans d'information***

La plupart des cartes sont nécessaires pour initialiser les cellules de l'environnement :

- contour de la Réunion
- microrégions
- communes
- mode d'occupation du sol initial
- plans d'occupation du sol
- conservation agricole
- conservation naturelle
- potentialités agricoles initiales
- potentialités naturelles initiales
- potentialités urbaines

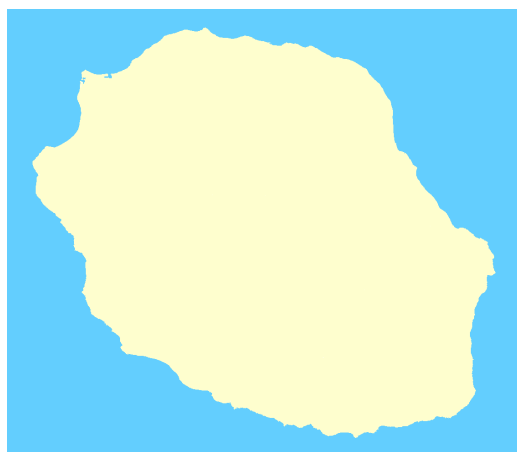
D'autres cartes sont utiles pour la dynamique de population et permettent de charger des données pour les agents parcelles :

- densité de population initiale
- attractivité urbaine

### ***2. Détail de chaque plan***

Pour chacune des cartes citées, nous utilisons une légende colorée fixe pour que le modèle puisse reconnaître les niveaux d'information.

## 2.1. Limites administratives



**Carte du contour de la Réunion**

*Source : IGN*

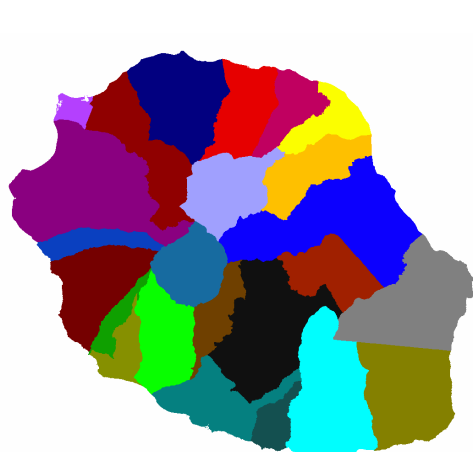
Cette carte représente le contour de l'espace géographique terrestre de l'île de la Réunion.

- surface terrestre
- océan

**Carte des communes**

*Source : IGN*

Cette carte représente les 24 communes de l'île.

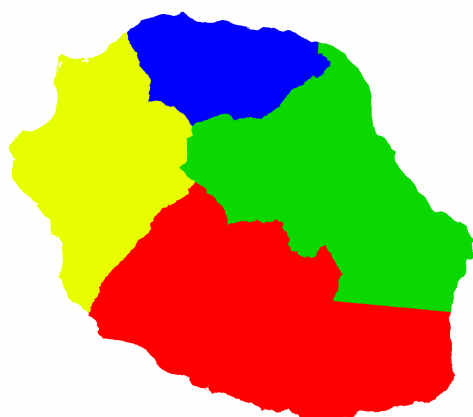


- |  |   |
|--|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: darkblue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-Denis             | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: teal; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-Pierre         |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ste-Marie                 | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: black; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Le Tampon        |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: magenta; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ste-Suzanne           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: brown; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Entre-Deux       |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-André               | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: limegreen; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-Louis     |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: orange; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Bras-Panon             | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: olive; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> L'Etang-Salé     |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightblue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Salazie             | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Les Aviron       |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-Benoît                | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: steelblue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Cilaos       |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: gray; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Ste-Rose                 | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: darkred; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-Leu         |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: brown; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> La Plaine des Palmistes | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Les Trois-Bassins |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: olive; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-Philippe             | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: purple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-Paul         |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: cyan; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> St-Joseph                | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: lightpurple; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Le Port    |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: darkteal; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Petite-Ile           | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: darkred; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> La Possession  |

**Carte des microrégions**

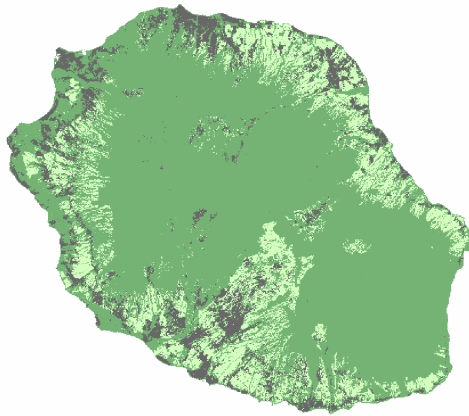
*Source : IGN (d'après les contours communaux)*

Cette carte représente les microrégions, qui constituent un niveau d'organisation spatial intermédiaire entre les communes et la région. Leur périmètre s'appuie sur les limites administratives des communes.



- |  |   |
|--|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: blue; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> microreg. Nord | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: red; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> microreg. Sud      |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: green; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> microreg. Est | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: yellow; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> microreg. Ouest |

## 2.2. Mode d'occupation du sol



### Carte du MOS initial

Source : DOMINO, APICBIO

- espace urbain
- espace agricole
- espace naturel

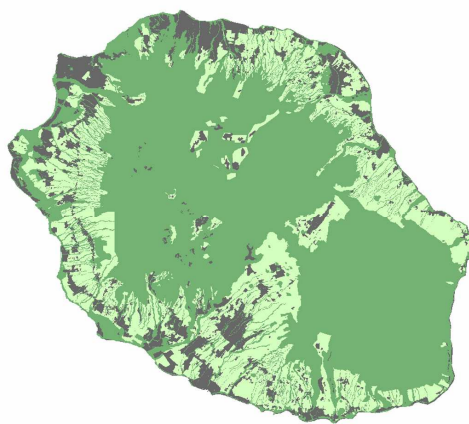
Cette carte représente les modes d'occupation du sol de l'espace géographique terrestre réunionnais en 2003. A l'origine, 44 types d'espaces ont été différenciés à partir de données fournies par plusieurs partenaires (CIRAD-TEMOS, Université, Mission Parc national, Agorah, Insee, IGN). A

l'issue d'un important travail de synthèse mené par les groupes de travail DOMINO et APICBIO, l'ensemble du territoire a finalement été cartographié selon trois classes, différenciant les espaces urbains, agricoles et naturels.

Cet effort de synthèse, réalisé sur des données qui n'étaient pas toujours cohérentes entre elles, a nécessité des choix méthodologiques qui induisent nécessairement de prendre des précautions quant à l'analyse des résultats. Notamment, il a été décidé que la foresterie devait être considérée comme relevant des espaces naturels et non des espaces cultivés. Autre exemple, le bâti dispersé, inclus dans le zonage urbain, comporte une part de bâtiments à vocation agricole qui n'ont pas pu être distingués.

<sup>1</sup> E. Lagabrielle, B. Ayache, A. Thomassin, « Notice de construction de la carte des modes d'occupation du sol de la Réunion en 2003 », 2006, 16 p.

## 2.3. Plan d'occupation du sol



### Carte des POS

Source : CIRAD, Agorah

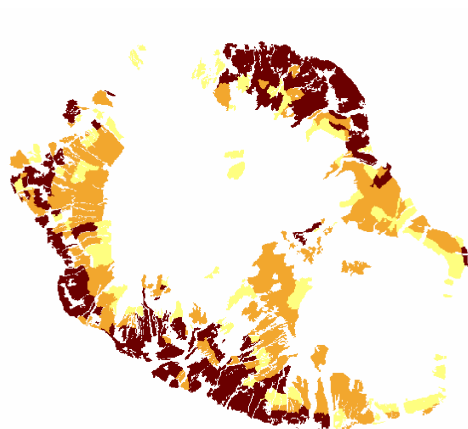
- espace à vocation urbaine
- espace à vocation agricole
- espace à vocation naturelle

Cette carte représente la vocation principale de chaque espace, telle que définie par les Plans d'Occupation du sol (POS) des communes. Comme ces documents de planifications distinguent de nombreux types d'espaces, un travail d'agrégation de leur nomenclature a été

effectué afin de n'en discerner plus que trois : naturels, agricoles et urbains<sup>2</sup>. D'autre part, il existe, du fait de révisions éventuelles, plusieurs versions de POS pour certaines communes (voir la date de validité de la couche illustrée dans la notice indiquée en référence). Pour la commune de Salazie, qui ne dispose pas de POS en vigueur, et dont le PLU (*Plan Local d'Urbanisme*, qui a succédé au POS depuis 2000) n'est pas encore validé, c'est le Schéma d'Aménagement Régional (SAR) qui a été utilisé pour définir la vocation des espaces.

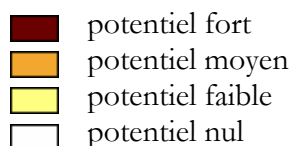
<sup>2</sup> A. Thomassin, « Notice de construction de la carte des plans d'occupation du sol à la Réunion pour le projet DOMINO », 2006, 6 p.

## 2.4. Informations sur le volet agricole



**Carte de potentialités agricoles**

*Source : CP Canne, FRCA, UAFP*



Cette carte, réalisée en 2006, a été élaborée sur la base des potentialités de culture de la canne à sucre et des potentialités d'élevage.

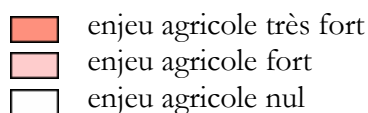
La méthode du zonage à dire d'acteurs auprès d'experts agricoles a été utilisée pour délimiter, sur la base du parcellaire agricole existant, des îlots de potentialité homogène. Cette analyse a permis de renseigner, pour chaque îlot, des critères physiques (taille de la parcelle, portance, pierrosité...), morphopédoclimatiques (pluviosité, impact de l'irrigation...) et réglementaires (ZNIEFF, proximité d'une ravine...). Après validation du choix des critères et de leur pondération, des notes de potentialités ont été attribuées pour chacune des pratiques agricoles (culture de la canne à sucre et élevage). La meilleure de ces deux notes, pour chaque îlot, a été retenue comme note globale de potentialité agricole.

Néanmoins, cette notation ne considère pas l'intégralité des spéculations agricoles présentes sur l'île. Notamment ne sont pas représentés l'élevage hors-sol, le maraîchage, l'arboriculture ou l'agroforesterie.



**Carte de conservation agricole n°1**

*Source : CP Canne, FRCA*

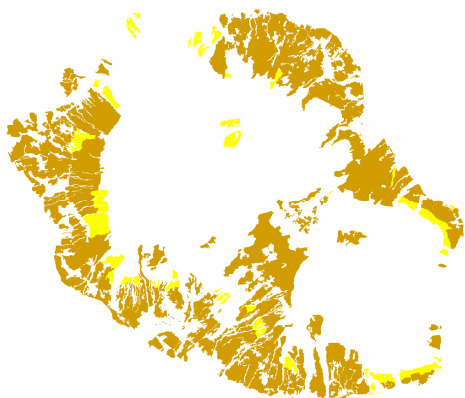





Cette carte est issue d'une analyse des cartes de potentialités de culture de canne à sucre et d'élevage, en excluant les espaces construits, fortement mités ou présentant une faible valeur agricole (par exemple, les espaces trop enclavés ou encore ceux présentant une trop forte pente).

Le zonage définit deux niveaux de priorité de mise en défend des surfaces agricoles, selon que l'espace est soumis à un enjeu agricole très fort ou bien considéré comme moins important.

## Carte de conservation agricole n°2

Source : CP Canne, FRCA, cellule SAR



-  enjeu agricole très fort
-  enjeu agricole fort
-  enjeu agricole nul

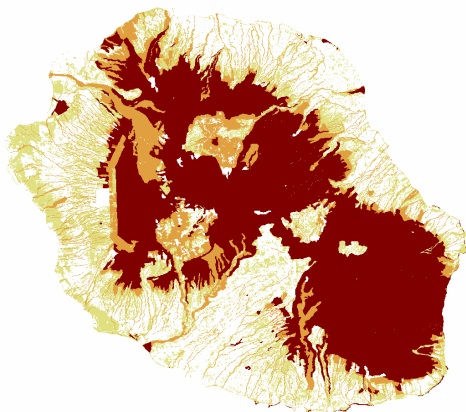
Cette carte est une variante de la carte précédente, retouchée de manière à correspondre avec les objectifs du scénario SAR « Economie » qui vise à faciliter la constitution de quatre grands pôles urbains sur l'île.





Sur cette carte, ont donc été laissées hors protection les zones situées autour des pôles urbains où les objectifs d'urbanisation ne doivent pas se heurter à une protection agricole : Saint-Denis – Sainte Marie, Saint-Benoît, Saint-Pierre – Le Tampon, et le cœur d'agglomération du TCO autour de Cambaie.

## 2.5. Informations sur le volet naturel

### Carte de potentialités naturelles

Source : CIRAD, Agorah, Mission Parc, Université de la Réunion, en collaboration avec le projet APICBIO



-  potentiel fort
-  potentiel moyen
-  potentiel faible
-  potentiel nul

Elle est construite à partir du MOS : à chacun des 44 types d'espaces différenciés initialement dans le MOS, a été attribuée une note de potentiel naturel :

- Les espaces naturels en bon état de conservation ont un potentiel fort.
- Les espaces naturels dégradés (tâches de végétation indigène) et la sylviculture d'espèces indigènes (tamariniaie + bois de couleur) ont un potentiel moyen, au même titre que les ravines (qu'on considère comme étant de potentiels foyers de biodiversité).
- Les espaces mal connus, ceux où l'on observe d'autres végétations arborées, les friches ainsi que les savanes littorales ont un potentiel faible.
- Enfin, les zones urbaines, agricoles (culture de canne, prairies) ou désignées comme naturelles mais correspondant en fait à de la sylviculture d'espèces exotiques ont un potentiel nul.



### Carte de conservation naturelle minimum

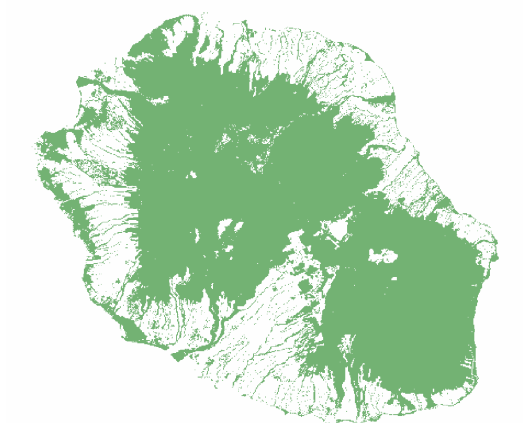
Source : SAFEGE

- enjeu naturel très fort
- enjeu naturel moins important

Cette carte correspond aux zones naturelles qu'il est indispensable de conserver.

Elle s'appuie sur les zonages des périmètres de protection existants : Espaces Naturels Sensibles, périmètres définis par le Conservatoire du Littoral, cœur du Parc National des Hauts, réserves

biologiques... en excluant les zones non naturelles incluses dans ces espaces.



### Carte de conservation naturelle maximum

Source : SAFEGE

- enjeu naturel fort
- enjeu naturel moins important

Elaborée par la SAFEGE, cette carte correspond à la zone géographique naturelle la plus large qu'il serait souhaitable de conserver en l'état.

Compilée à partir de données issues de la Région et des services de l'Etat<sup>1</sup> (DIREN, DDAF, DDE), elle regroupe tous les espaces naturels de l'île présentant un intérêt écologique ou paysager (préservation de la biodiversité, protection contre les pollutions et les inondations, maintien de coupures inter-urbaines...). A l'inverse de la carte précédente, l'espace ainsi défini peut contenir des zones urbaines et agricoles.

<sup>1</sup> SAFEGE, « Valeurs et fonctions des espaces naturels réunionnais », 2006, 8 p.

## 2.6. Information sur le volet urbain

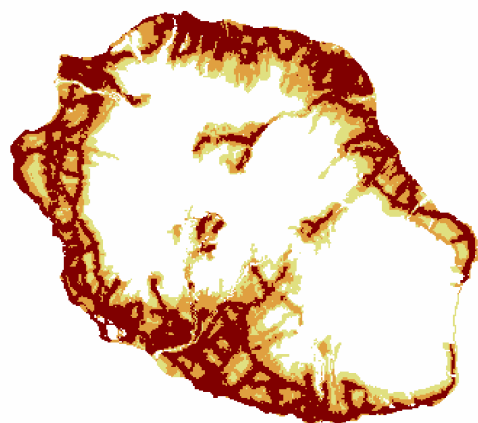
### Le modèle MUTE

La première version du modèle MUTE<sup>1</sup> est le fruit d'une collaboration étroite entre le CIRAD, le CNRS, l'INRA et l'IRD. Il effectue une régression non linéaire multicritères tenant compte de contraintes topographiques (pente, altitude...) et d'aménagement (proximité d'infrastructures, zonages urbains...) pour calculer une propension à l'urbanisation (valeur comprise entre 0 et 1). C'est ce modèle qui a servi à l'élaboration de la carte d'attractivité de la population présentée plus loin dans ce document.





Les critères pris en compte dans le calcul de cette note de potentialité sont paramétrables et pondérables. L'outil permet ainsi de jouer sur ces leviers pour définir, dans le cadre d'un scénario d'aménagement du territoire particulier, les zones les plus potentiellement urbanisées.

## Carte de potentialités urbaines

La carte de potentialités urbaines présentée ci-dessous est issue, elle, d'un travail collaboratif entre les projets SMAT<sup>1</sup> et DOMINO. Elle est élaborée à l'aide d'une version remodelée de MUTE<sup>2</sup>, et ne conserve que les variables pertinentes vis-à-vis du projet DOMINO. Par ailleurs, les valeurs obtenues à l'issue de la modélisation, comprises entre 0 et 1, ont été regroupées en 4 classes de potentiels : potentiel urbain nul, faible, moyen ou fort.



Source : IRD, CIRAD, Université, INRA

-  potentiel fort
-  potentiel moyen
-  potentiel faible
-  potentiel nul

Les critères retenus pour l'élaboration de cette carte sont les suivants : l'altitude, la pente, la distance aux centres d'agglomération et de bourgs, les zonages ONF et du Parc National des Hauts, ainsi que les surfaces en eau (grandes rivières et bassins). La distance aux routes et la distance au

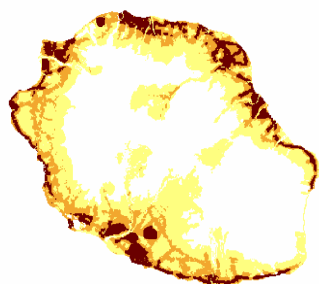
réseau d'adduction en eau potable sont aussi prises en compte, mais avec une pondération deux fois moins importante.

<sup>1</sup> Thinon P., Martignac C., Metzger P., Cheylan J.P., « *Analyse géographique et modélisation des dynamiques d'urbanisation à la Réunion* », 2005, 16 p.

<sup>2</sup> B. Ayache, « *MUTE version 2* », 2006, 9 p.

## L'utilisation du modèle dans le cadre des scénarios du SAR

Quatre scénarios aux objectifs différents ont été retenus pour le SAR (Schéma d'Aménagement Régional) et s'appuient donc sur des cartes de potentialités urbaines différentes. Toutes ces cartes sont des variantes de la carte initiale.



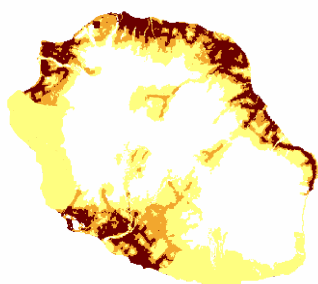
### Carte de potentialités urbaines – variante pour le scénario « Economie »

Source : IRD, CIRAD, Université, INRA, Cellule SAR

- |   |   |
|---|---|
|  potentiel fort  |  potentiel faible |
|  potentiel moyen |  potentiel nul    |

Cette carte est retouchée de manière à cadrer avec les suppositions du scénario « Economie » élaboré par le SAR, c'est-à-dire le développement de quatre pôles urbains et le maintien d'une agriculture conséquente (avec une diminution des potentiels urbains sur les mi-pentes).



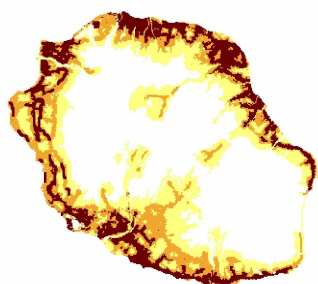


### Carte de potentialités urbaines – variante pour le scénario « Environnement »

Source : IRD, CIRAD, Université, INRA, Cellule SAR


 potentiel fort	 potentiel faible
 potentiel moyen	 potentiel nul

Cette carte est retouchée afin que la potentialité d'urbanisation des bassins versants ouest et sud reste faible pour protéger les lagons. Cette modification permet de rester cohérent, dans le cadre du scénario « Environnement » élaboré par le SAR, avec les objectifs de protection de ces zones naturelles vis-à-vis de l'urbanisation et de l'agriculture.



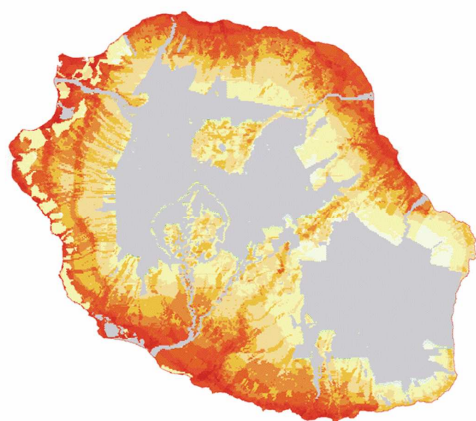
### Carte de potentialités urbaines – variante pour les scénarios « Ville » et « Au fil de l'eau »

Source : IRD, CIRAD, Université, INRA, Cellule SAR

 potentiel fort	 potentiel faible
 potentiel moyen	 potentiel nul




Cette carte est retouchée de manière à correspondre au scénario « Au fil de l'eau » élaboré par le SAR, qui suit les tendances des quinze dernières années en matière d'urbanisation (par exemple, inclusion de la zone de Cambaie en fort potentiel à l'urbanisation). Elle sert également de base au scénario « Ville », dont l'objectif est d'aménager l'espace urbain pour pouvoir accueillir un million d'habitants.

## 2.7. Informations sur la dynamique de population



### Carte de potentiel d'attractivité de la population

Source : MUTE

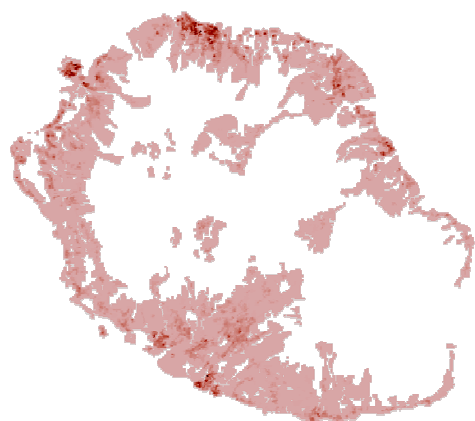
 potentiel fort
 potentiel faible
 espaces hors-étude

Cette carte représente la potentialité d'attractivité de la population. Elle est issue du modèle MUTE dans sa première version<sup>1</sup> et présente les zones les plus potentiellement appréciées pour l'installation des ménages.

Notamment, l'effet combiné des champs « distance au littoral », « altitude » et « pentes faibles » dessine dans les zones basses de l'île une couronne de potentiel élevé. A l'inverse, les espaces ONF, ceux soumis à de fortes pentes, les ravines et la partie du cratère ouverte sur la mer ont un potentiel nul.

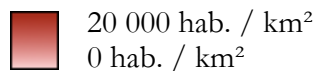
<sup>1</sup> Thinon P., Martignac C., Metzger P., Cheylan J.P., « Analyse géographique et modélisation des dynamiques d'urbanisation à la Réunion », 2005, 16 p.





### Carte de densité de population

*Source : CIRAD, Université, d'après un extrait de l'Atlas Réunion (INSEE)*



Cette carte représente la densité de population sur l'île en 2003. Elle s'appuie sur une carte de l'Atlas Réunion présentant la densité par îlots de population en 1999.

Pour se conformer aux exigences de l'application DS, la carte initiale, présentant des îlots de taille variable, a été discrétisée de manière à créer une grille au carroyage régulier rendant compte de la répartition de la population. Les données ont ensuite été extrapolées pour correspondre au nombre d'habitants de 2003.